



Nuvarande status och framtidsutsikter för värmepumpar, solvärme och pellets på den svenska värmemarknaden

Fredrik Karlsson
Peter Kovács
Lennart Gustavsson
Henrik Persson
Caroline Haglund Stignor

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Nuvarande status och framtidsutsikter för värmepumpar, solvärme och pellets på den svenska värmemarknaden

Fredrik Karlsson
Peter Kovács
Lennart Gustavsson
Henrik Persson
Caroline Haglund Stignor

Abstract

Heat pumps, solar thermal and pellet boilers and stoves are commonly used for space and domestic hot water heating in Sweden. These three technologies are competitors between one another and to district heating. This report is a background report describing the current state for these three technologies and their potential future development. The material will be used as input for scenario analyses in the project “Värmemarknad Sverige”. The project aims to put the heating market on the agenda and to analyse different plausible scenarios of how the future may look like.

Key words: heat pumps, solar thermal, boilers, trend, technology, market, directives, värmepumpar, solvärme, pellets, direktiv, lagar

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2013:45
ISBN 978-91-87461-33-0
ISSN 0284-5172
Borås 2013

Innehållsförteckning

1	Värmepumpar	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Lagar, direktiv och styrmedel	11
1.3	Teknisk utveckling	19
1.4	Prisutveckling	27
1.5	Diskussion och slutsats	30
2	Solvärme	31
2.1	Bakgrund och några definitioner	31
2.2	Lagar, direktiv och styrmedel	38
2.3	Teknisk utveckling	40
2.4	Framtida marknads- och prisutveckling	42
2.5	Slutsatser	44
3	Pellets	45
3.1	Bakgrund	45
3.2	Lagar, direktiv och styrmedel	49
3.3	Teknisk utveckling	53
3.4	Bränslemarknaden	55
3.5	Slutsatser	58
4	Referenser	59
5	Bilaga 1	61
5.1	Direktiv och lagar för värmepumpar	61
5.2	Beräkningar för energimärkning av fastbränslepannor	66

Förord

Denna rapport avser att ge en beskrivning av nuvarande teknik- och marknadsutveckling för värmepumpar, solvärme och pellets på den svenska värmemarknaden samt att försöka förutsäga utvecklingen för dessa tre tekniker till 2030. Rapporten är en underlagsrapport för projektet Värmemarknad Sverige (<http://www.varmemarknad.se/>) som leds av Profu.

Sammanfattning

Idag finns över 1 miljon värmepumpsenheter installerade i Sverige, mestadels i småhus och villor. De värmepumpar som har installerats har i första hand ersatt direktverkande el, elpannor och oljepannor, men även i viss mån ved, pellets och i vissa fall även fjärrvärme. Under de senaste åren har antalet sålda värmepumpar minskat och branschföreträdare tror att detta till en del beror på att villamarknaden är på väg att gå över till en utbytesmarknaden, dvs att man byter en gammal värmepump mot en ny. Denna marknad är mindre än den renoveringsmarknad som rått under de senaste 20 åren. De tillväxtområden som diskuteras är rena tappvattenvärmepumpar för tex direktelvärmda villor samt värmepumpar för större fastigheter och industriella applikationer.

Nyligen antagna och kommande direktiv kommer att förändra värmepumpsmarknaden. Eco-designdirektivet innebär att de sämsta värmepumparna kommer att försvinna från marknaden – de får helt enkelt inte säljas inom EU. Detta kommer att leda till att medeleffektiviteten kommer att höjas för främst luft-luft- och luft-vattenvärmepumpar. F-gasförordningen är under revision när denna rapport skrivs och den slutliga formuleringen är därför inte känd. Allt pekar dock på att det kommer att sättas upp ett regelverk för en kraftig reduktion av användningen av sk HFC-köldmedier, detta pga deras påverkan på växthuseffekten. Det innebär i praktiken att värmepumpsbranschen inom de kommande 4-5 åren måste byta till andra köldmedier i huvuddelen av sin produktportfölj. Det är idag svårt att säga vilken lösning som kommer att dominera, men valet står mellan naturliga köldmedier (tex propan, ammoniak, koldioxid) eller nya syntetiska köldmedier med mycket liten växthuspåverkan.

I de allra flesta applikationer är det de indirekta utsläppen från elproduktionen som har den största inverkan på växthuseffekten. Den kan minskas genom att göra värmepumpssystemen effektivare. Det finns ett antal tekniker att tillgå för att höja effektiviteten på värmepumpen, bla effektivare värmeväxlare och kompressorer. Den största potentialen ligger dock i många fall utanför själva värmepumpen. Om värmesystemet i huset anpassas så att värmepumpen får arbeta med lägre temperaturer på ”varma sidan” ökas årseffektiviteten kraftigt. Detta kan åstadkommas genom större radiatorer eller genom byte från radiatorer till golvvärme. Att nå en årsvärmefaktor på ca 6 bedöms vara fullt möjligt men om så effektiva värmepumpssystem kommer att realiseras beror inte bara på tekniken utan även på energiprisernas utveckling. Höga energipriser kommer att driva på utvecklingen av avancerade system. Låga energipriser innebär att effektiviteten kommer att öka betydligt långsammare.

Solenergens framtida roll på den svenska värmemarknaden är svår att förutse. Trots att solinstrålningen i södra Sverige är densamma som i Tyskland så har tekniken inte lyckats nå en så bred användning i Sverige som i Tyskland (som har mest installerad solex/capita i världen). För att ytterligare stärka konkurrenskraften hos både solex och solvärme är ytterligare prissänkningar och effektivitetshöjningar att vänta. Bla behöver komponenterna utöver solpanelerna i en solvärmeanläggning standardiseras för att på så sätt reducera kostnaden för installationen.

Viktigt att inse i sammanhanget är att el från solceller kan komma att spela en viktig roll även i värmesammanhang. Detta främst genom kombinationslösningen solceller och värmepumpar vilket framstår som en allt tydligare konkurrent till små solvärmesystem. Något som ytterligare skulle kunna förstärka konkurrenskraften för dessa system, förutom en fortsatt positiv pris- och prestandautveckling på solexsystem, är högre elpriser eller utökade politiska stödssystem.

Försäljningen av pellets för villauppvärmning har planat ut och minskat under början av 2010-talet. Hur mycket som beror på förändringar i användarmönster och kraftigt minskat antal nyinstallationer resp. de olika vintrarnas medeltemperaturer är svårt att avgöra exakt. En försiktig slutsats är dock att villamarknadens behov planat ut dels på grund av ett kraftigt minskat antal nyinstallationer, dels på grund av att en del gamla pannor som konverterats till pellets genom installation av en pelletsbrännare tagits ur drift av åldersskäl. En faktor som också kan ha viss betydelse är att pelletspannor tagits ur bruk av ”arbetsskäl”, dvs att användaren inte längre anser sig ha tid eller ork att sköta bränslehantering, skötsel och underhåll av pelletspannan.

Det finns flera områden där den tekniska potentialen hos pelletspannan som produkt ännu inte tagits tillvara fullt ut. Exempel på detta är utvecklade styr- och reglersystem, den fysiska integreringen av brännaren i pannans konstruktion samt optimeringen av värmeöverförande delar med hänsyn till t.ex. risk för eller utnyttjande av rök-gaskondensering. De pelletspannor som säljs på vissa utländska marknader, t.ex. Tyskland och Österrike, är i genomsnitt mera tekniskt avancerade än de vanligaste på den svenska marknaden. Detta beror inte i första hand på skilda ambitionsnivåer hos tillverkare i de olika länderna utan främst på betalningsviljan hos konsumenterna. I Sverige är den genomsnittlige villaägaren inte villig att investera lika stora summor som i dessa länder. Här spelar säkerligen också olika nationella och/eller regionala investeringsstöd en viktig roll.

Samma utvecklingstendenser är aktuella för pellets-kaminer som för pelletspannor. Bättre styr- och reglerteknik, högre verkningsgrad och lägre utsläpp är ledorden även här. För pellets-kaminer tillkommer dock en begränsande faktor vad gäller den tekniska utvecklingen, nämligen design- och utseendefrågor. En pellets-kamin är normalt placerad i bostadens centrala delar och ofta i blickfånget.

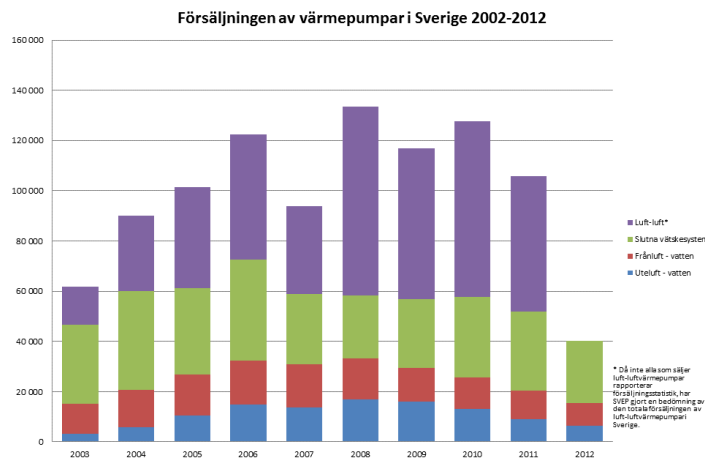
Världsmarknaden för pellets växer mycket kraftigt och pellets utvecklas mot en handelsvara på samma sätt som kol och olja. Utvecklingen drivs av stora industrier och kraftbolag som efterfrågar biobränslen som enkelt kan ersätta eller sameldas med kol eller olja. Den största stimulansen för ökad pelletsanvändning skulle vara ett långsiktigt märkbart högre elpris

1 Värmepumpar

1.1 Bakgrund

Värmepumpar har under de senaste decennierna fått en allt mer betydande roll på den svenska värmemarknaden (i början av 2000-talet ökade antalet sålda värmepumpar per år markant från år till år (Figur 1). De senaste åren har antalet sålda enheter per år stagnerat och till och med minskat. De vanligaste värmepumpstyperna på den svenska marknaden är, i nämnd ordning:

- Luft/luftvärmepumpar (lila)
- Värmepumpar för slutna vätskesystem, s.k. vätska/vattenvärmepumpar (vanligen berg- eller markvärmepumpar) (grön)
- Frånluftsvärmepumpar (röd) och
- Luft/vattenvärmepumpar (blå)¹



Figur 1. Försäljningen av värmepumpar i Sverige fram till och med år 2012 (<http://www.svepinfo.se/aktuellt/statistik/>)

Idag finns över 1 miljon värmepumpsenheter installerade i Sverige (Forsén 2013), mestadels i småhus och villor. De värmepumpar som har installerats har i första hand ersatt direktverkande el, elpannor och oljepannor, men även i viss mån ved, pellets och i vissa fall även fjärrvärme. På senare år ersätts även gamla värmepumpar med nya. Luft/luftvärmepumpar är vanligast när det gäller ersättning av direktel och frånluftsvärmepumpar är vanligast vid nyproduktion av hus. Eftersom denna värmepumpstyp sålts under så pass lång tid, borde även ersättningsmarknaden vara betydande för denna typ.

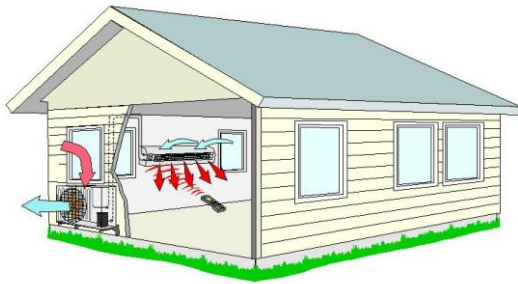
Anledningen till den nedgång som ses för de senaste åren beror dels på att konvertering från elpanna eller oljepanna redan genomförts för majoriteten av de hus där detta är möjligt, dels på lågkonjunkturen inom byggsektorn, förändrade låneregler samt låg mobilitet på bostadsmarknaden enligt SVEP. Antalet värmepumpar som installeras i större fastigheter har ökat de senaste åren och de som installeras är betydligt större effektmässigt jämfört med de som finns i villor. Av de värmepumpar som såldes år 2009

¹ Uppgifterna när det gäller luft/luftvärmepumpar har relativt stor osäkerhet, då inte alla som säljer luft/luftvärmepumpar rapporterar försäljningsstatistik till SVEP (Svenska värmepumpföreningen). De har därför baserat de redovisade uppgifterna på uppskattningar och fr.o.m. år 2012 redovisas inte försäljningen av luft/luftvärmepumpar alls.

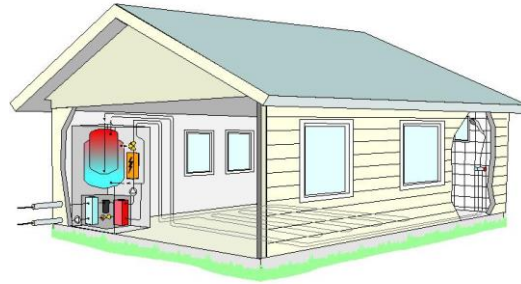
installerades 11% (48,9 MW) av den totalt installerade värmeeffekten detta år i större fastigheter medan motsvarande siffra för 2012 var 18% (58,9 MW), (Forsén 2013).

1.1.1 Luft-luftvärmepump

En luft-luftvärmepump tar värme från utomhusluften och avger värme direkt till inomhusluften, se Figur 2. Värmepumpstypen lämpar sig bäst för ett hus med öppen planlösning som saknar ett vattenburet värmedistributionssystem. Värmepumpstypen värmer inte tappvarmvatten.



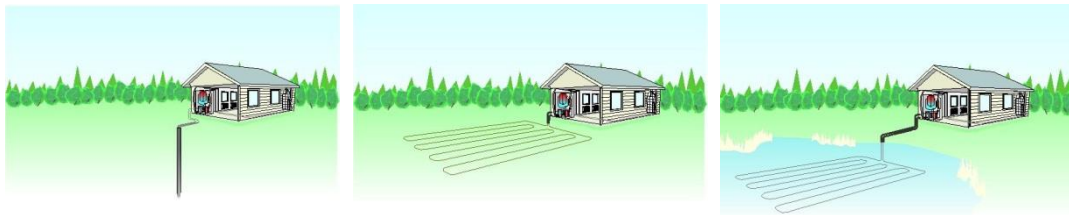
Figur 2. Principbild för en luft-luftvärmepump. Värme tas ur utomhusluften och tillförs direkt till inomhusluften



Figur 3. Typiskt utformning av en bergvärmepump med inkoppling mot värmesystem och varmvattenberedare

1.1.2 Bergvärmepump

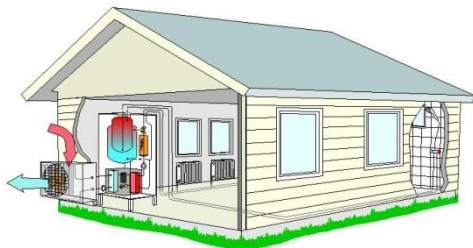
I denna rapport får termen bergvärmepump beteckna värmepumpar av typen vätskavattenvärmepumpar som tar värme ur berg, mark eller sjö och avger det till ett vattenburet värmesystem, se Figur 3. Det är samma värmepump som används för alla dessa tre värmekällor, Figur 4. Det är mycket vanligt att dessa används för att också värma tappvarmvatten.



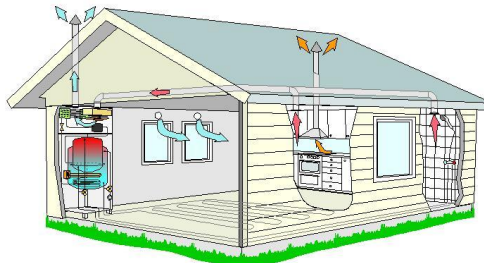
Figur 4. Berg-, mark- och sjövärme.

1.1.3 Luft-vattenvärmepump

En luft-vattenvärmepump hämtar värme från utomhusluften och avger den till ett vattenburet värmesystem och till tappvarmvattnet, se Figur 5.



Figur 5. Luft-vattenvärmepump. Figuren visar en indirekt kopplad värmepump. Vanligast är att hela kylkretsen är placerad utomhus och enbart varmvattenberedaren inomhus.



Figur 6. Frånluftsvärmepump

1.1.4 Frånluftsvärmepump

Frånluftsvärmepumpar hämtar värme från husets ventilationsluft och avger den (oftast) till ett vattenburet värmesystem och/eller till tappvarmvatten, se Figur 6. Denna värmepumpstyp har installerats i hus med ett mekaniskt ventilationssystem, främst nybyggda sådana, sedan i början av 80-talet.

1.1.5 Värmepumpar för flerbostadshus och lokaler

Exempelbilderna i ovanstående avsnitt är hämtade från enfamiljshus men samma principer gäller även för större byggnader som flerfamiljshus och lokaler. Dock är det så att kyla är vanligare i dessa lokaler än i villor, samt att fördelningen mellan värme- och tappvarmvatten varierar betydligt mellan olika lokaler beroende på verksamhet. Detta återspeglar sig i de installationstekniska lösningarna. Vanliga applikationer i dessa byggnader är värmepumpar som hämtar värme ur berget eller som återvinner värme ur frånluft men även luft-vattenvärmepumpar och luft-luftvärmepumpar i formen av så kallade VRF-system förekommer. Det finns lite olika strategier för olika företag, antingen installerar man en stor värmepump som täcker behovet eller så installerar man flera mindre värmepumpar parallellt med varandra som tillsammans täcker upp behovet. Det finns för- och nackdelar med båda koncepten.

Det finns även större värmepumpar i fjärrvärmesystemen. Denna typ av värmepumpar behandlas inte vidare i denna rapport.

1.1.6 Dimensionering och tillskott

De allra flesta värmepumpssystem i Sverige byggs bivalenta, dvs de innehåller två värmekällor: värmepumpen och en tillskottseffekt, oftast en elpatron. Anledningen till detta är olika beroende på värmepumpstyp.

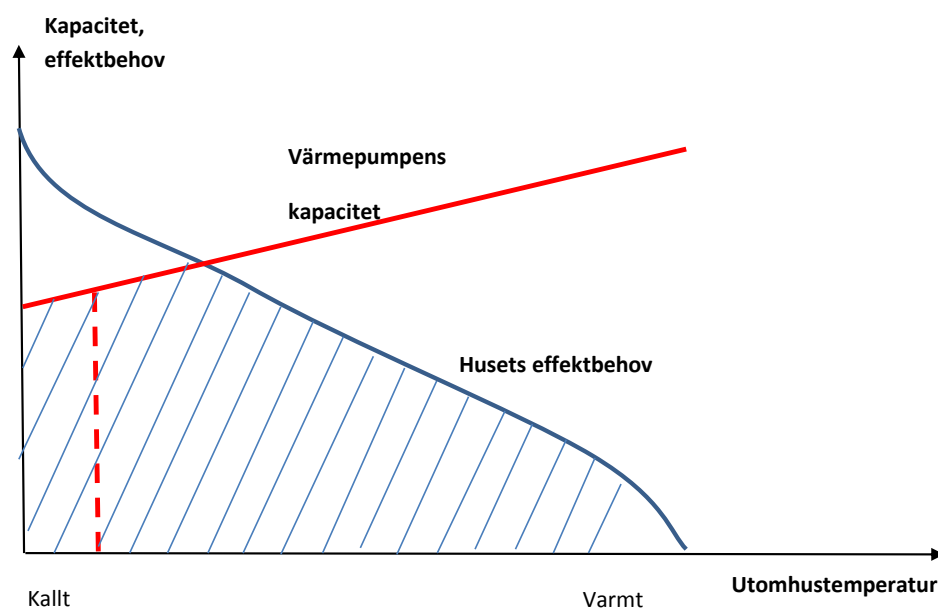
Från värmepumpen avgiven värmekapacitet faller alltid då värmekällans temperatur sjunker, se Figur 7. För uteluftsvärmepumpar innebär detta att tillgänglig kapacitet är låg då den behövs som mest. Det är inte ovanligt att värmepumpen helt stängs av då utomhustemperaturen faller under -15 till -25 °C, exakt när beror på fabrikat. Därför

måste man i dessa fall ha en extra värmekälla i systemet. För luft-luftvärmepumpar används oftast elradiatorerna i huset som extra värmekälla. För luft-vattenvärmepumpar är det oftast en elpatron.

Även för bergvärmepumpar sjunker värmekällans temperatur, men inte lika mycket som för uteluftvärmepumpar. I många fall skulle man inte behöva ha en extra värmekälla för dessa anläggningar – de skulle kunna köras monovalent, dvs enbart med värmepumpen. Att man gör systemet bivalent är i många fall en ekonomisk optimering, eftersom man behöver dubbla kapaciteten på värmepumpen för att täcka de sista 10 % av energibehovet. Man får även en något sämre årsvärmefaktor om värmepumpen är för stor pga att kondenseringstemperaturen under stora delar av året blir onödigt hög.

Frånluftsvärmepumparna återvinner värme som annars skulle ventilerats bort. Värmekällan är begränsad vilket gör att dessa värmepumpar behöver en tillskottseffekt. För att öka kapaciteten kan man öka frånluftsfördet men då ökar man även värmebehovet.

Tekniker finns dock för att göra ”heltäckande värmepumpar” (dvs värmepumpar utan en tillskottseffekt i form av tex en elpatron) utan negativ påverkan på årsvärmefaktorn. Mer om det i senare avsnitt av denna rapport.



Figur 7. Diagrammet visar ett exempel på en varaktighetskurva för husets effektbehov (blå linje). Den röda linjen visar värmepumpens kapacitet. Den streckade ytan representerar den energi som värmepumpen levererar till huset. Den röda vertikala linjen visar effekten av utestopp hos tex en luftvärmepump. Den vita ytan representerar energin levererad av tillskottet.

1.2 Lagar, direktiv och styrmedel

Nedan sammanfattas de viktigaste reglerna som kommer att styra utvecklingen av värmepumpar de kommande åren.

1.2.1 F-gasförordningen

Europaparlamentets och rådets förordning nr 842/2006 föreskriver regler om hur vissa fluorerade växthusgaser får lov att användas. Föreskrifterna påverkar vilka köldmedier som får användas och kompetensen hos den som ska arbeta med värmepumpar innehållande dessa gaser. Detta regelverk är just nu under revision och i november 2012 släpptes EU-kommissionens förslag till nytt regelverk, Com2012:643. Förslaget innehåller flera nyheter vilket kommer att påverka värmepumpsbranschen. Den största förändringen är en plan för utfasning av sk HFC-köldmedier. Till år 2030 ska mängden HFC-köldmedier, beräknat i koldioxid-ekvivalenter, som placeras på marknaden ha reducerats till 21 % av den genomsnittliga årliga mängd som fanns på marknaden åren 2008-2011. För att lyckas med detta måste det ske en övergång till köldmedier med lågt sk GWP-tal. GWP betyder Global Warming Potential och beskriver ett ämnes växthuseffekt relativt koldioxid. Koldioxid har $GWP = 1$, medan R410A tex har ett GWP på ca 2000. Kemiföretagen har börjat lansera några nya blandningar med låga GWP, men troligen är det en övergång till naturliga köldmedier som blir den långsiktiga lösningen. Då är det främst koldioxid, kolväten och ammoniak som är aktuella.

En annan stor förändring är att icke-hermetiska system inte får vara förfyllda med F-gaser. Detta får stor inverkan på framförallt importen från Asien då alla luft-luftvärmepumpar kommer i två delar, en inomhusdel och en utomhusdel, med köldmediet förfyllt. I senare icke-officiella dokument är denna skrivning borta – det återstår att se hur detta blir i slutlig lagtext.

Många diskussioner kvarstår innan det nya regelverket fastställs men att det kommer att bli en utfasning, eller åtminstone nedfasning, för HFC-köldmedier verkar alla vara överens om.

Vilken påverkan får då detta byte av köldmedier på värmepumparnas effektivitet? En undersökning från KTH (Palm 2008), där kolväten och ammoniak analyseras, visar att effektiviteten hos dessa medier är i paritet med HFC-köldmedier. Exakt relation beror på driftpunkten samt de komponenter som finns att tillgå. Med andra ord bör inte effektiviteten påverkas negativt.

1.2.2 Eco-design och Energimärkning

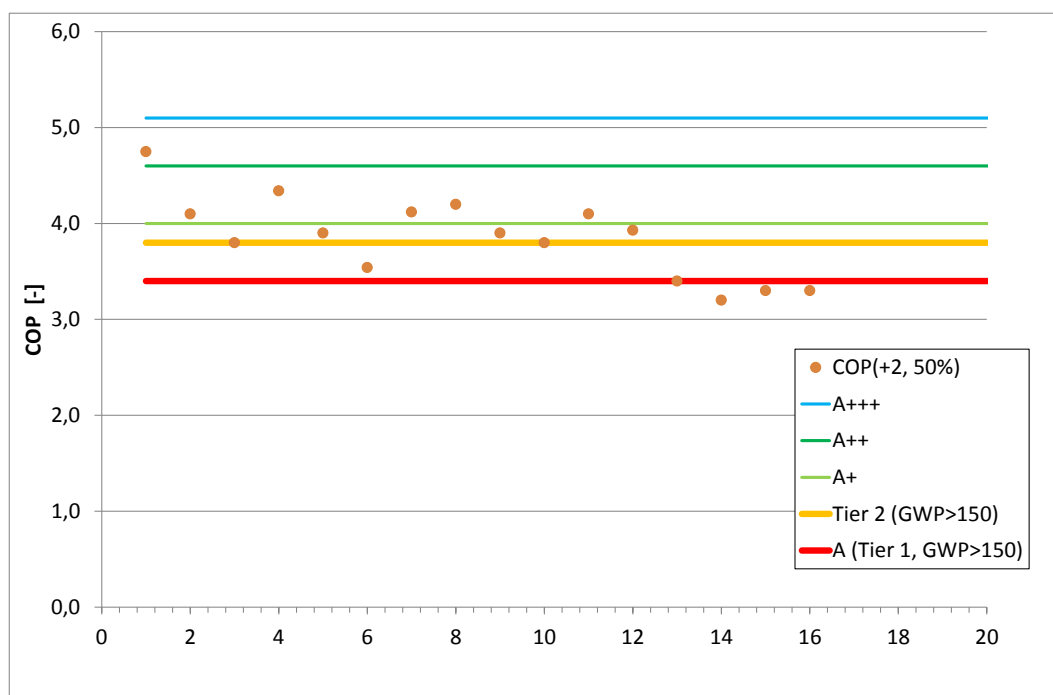
Värmepumpar påverkas av flera olika delar av Eco-designdirektivet samt Energimärkningsdirektivet.

1.2.2.1 Luft-luftvärmepumpar

Eco-designdirektivet gäller för värmepumpar med en nominell kapacitet under 12 kW värmeeffekt. Regelverket är i kraft sedan 1 januari 2013, med en skärpning av reglerna 1 januari 2014. Kravet ställs på energieffektivitet och mäts med vad som i direktivet kallas ”säsongsvärmefaktor” - SCOP. Denna säsongsvärmefaktor beräknas för ett medelklimat inom EU. Om inte produkten uppfyller kraven på energieffektivitet och ljud (se Tabell 13 - Tabell 15 i bilaga 1) får den inte säljas inom EU. Kraven skiljer sig åt beroende på vilket köldmedium som används.

Som ett kompletterande direktiv ligger Energimärkningsdirektivet, vilket styr den energimärkningsklass produkten får (se Tabell 16 i bilaga 1).

Vilken påverkan får då dessa regler? I Figur 8 nedan visas COP vid driftpunkten +2 °C utomhus och 50 % kapacitet för värmepumpar utvärderade på Energimyndighetens uppdrag under åren 2009-2012 tillsammans med gränserna för eco-design och energimärkning. Om vi utgår från att COP vid +2 °C och 50 % kapacitet beskriver SCOP vid averageklimatet på ett korrekt sätt, se resonemang i bilaga 1, så skulle ca 60 % av värmepumparna som testades 2009 - 2012 ha klarat kravet för Tier 2 (minimikraven 2017). Eco-designkraven kommer med andra ord innebära att medeleffektiviteten kommer att höjas. Alla värmepumpar testade under 2012 klarade ljudkraven.



Figur 8. COP vid driftpunkten +2°C och 50 % kapacitet för olika luft-luftvärmepumpar utvärderade för Energimyndigheten åren 2009-2012.

1.2.2.2 Bergvärmepumpar

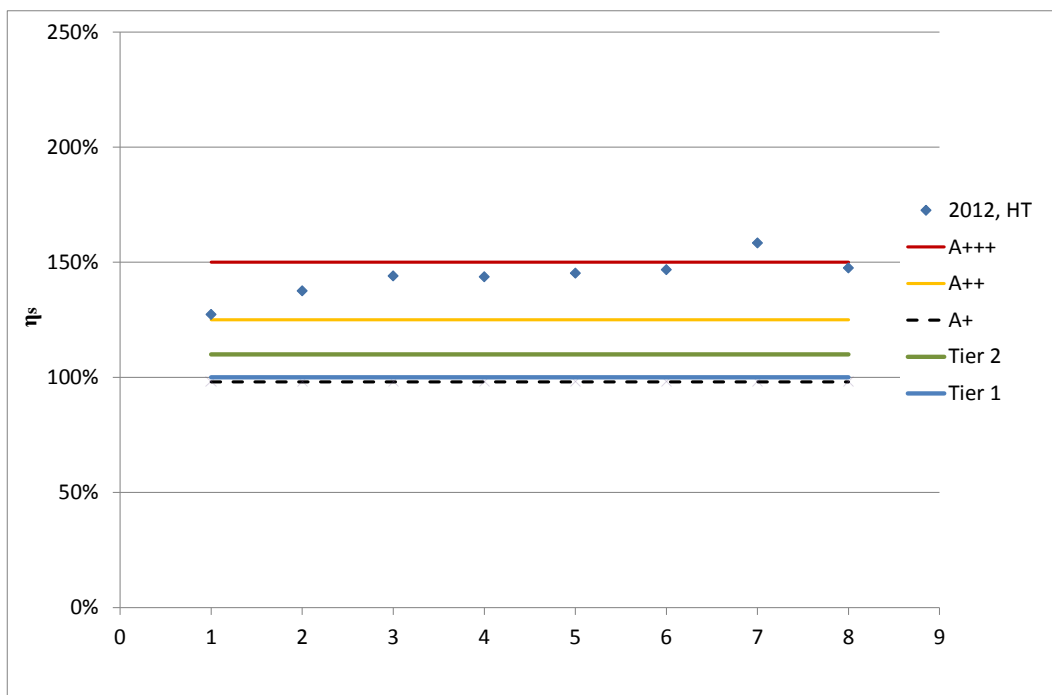
I begreppet bergvärme inkluderas även markvärme och sjövärme. I de allra flesta fall så är det samma maskin som används för dessa tre olika applikationer.

Dessa värmepumpar faller under Eco-designkrav och Energimärkningskrav som gäller för pannor med en kapacitet av 400 kW eller mindre. Kraven ställs här på ”säsongsbunden energieffektivitet vid rumsuppvärmning” – η_s , samt i tillämpliga fall på ”energieffektiviteten vid uppvärmning av vatten” – η_{wh} . Kraven träder i kraft i två steg enligt Tabell 17 - Tabell 20 i bilaga 1. På samma sätt som för luft-luftvärmepumpar finns en energimärkning även för pannor. Märkningen visar effektiviteten både för rumsuppvärmning och för värmning av tappvatten där den möjligheten finns (se Tabell 21 - Tabell 23 i bilaga 1). Vid en jämförelse av effektiviteterna angivna i tabellerna framgår det att värmepumpar måste nå klass A+ i högtempererad rumsuppvärmning för att få säljas efter 2015. För lågtemperatur-applikation måste A nås 2015 och A+ under 2017.

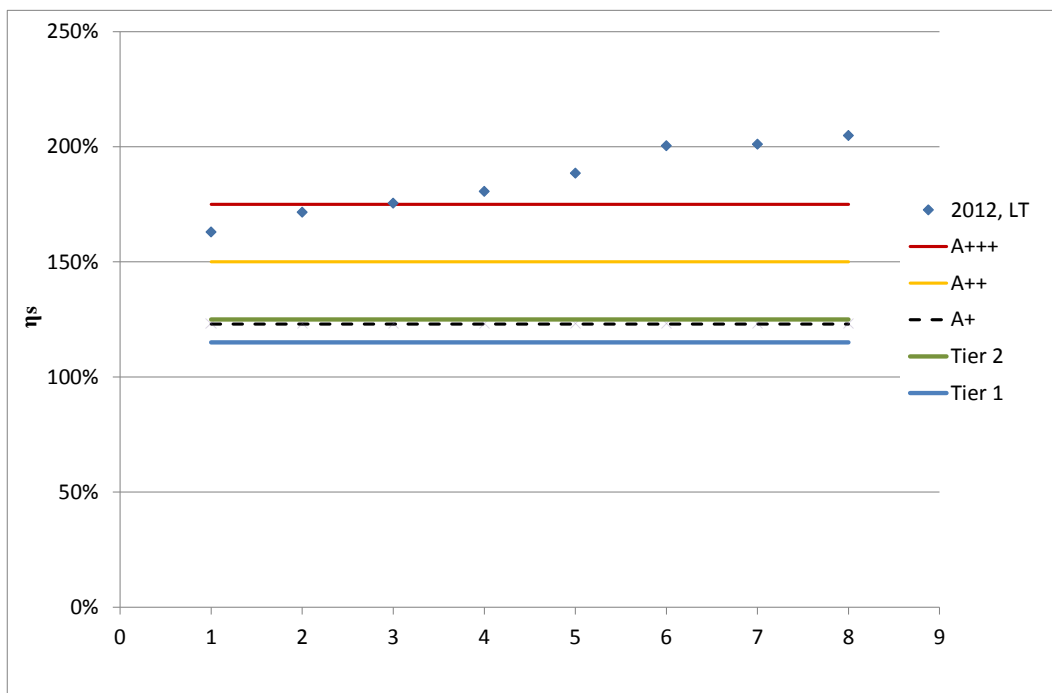
Hur klarar då dagens bergvärmepumpar av dessa kommande krav? För att avgöra det utgår vi från Figur 9 och Figur 10 som visar effektiviteten vid rumsuppvärmning för 8 st

bergvärmepumpar som SP utvärderade åt Energimyndigheten under 2012. Som synes är det inga problem med att klara minimikraven 2015 och 2017 (Tier 1 och Tier 2). För högtemperaturvärmning får alla märkning A++ eller högre. Så är det även för lågtemperaturvärmning, där nästan alla klarar även gränsen för A+++ . Effektiviteten vid tappattenvärmning visas i Figur 11 varav det framgår att alla värmepumparna testade 2012 klarar minimikraven enligt eco-design. Fem av åtta skulle få klassningen A – ingen klarar gränsen för A+.

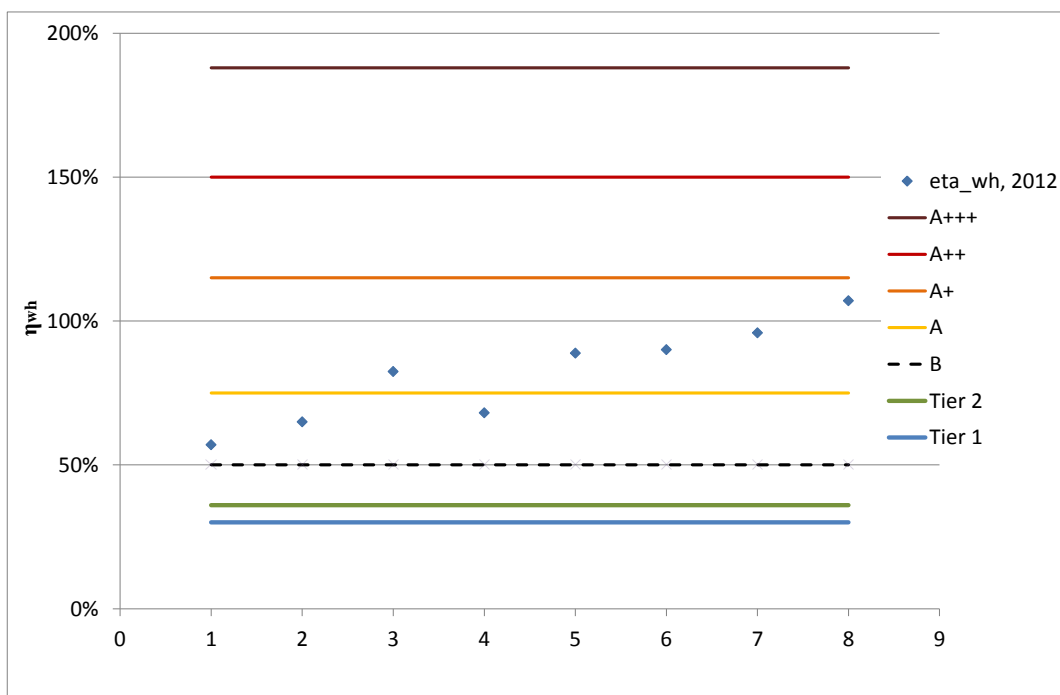
Ljudkraven innebär inga svårigheter för bergvärmepumpar.



Figur 9. Energieffektivitet för högtempererat värmesystem vid rumsuppvärmning för 8 bergvärmepumpar som utvärderades på uppdrag av Energimyndigheten under 2012. OBS att detta är ungefärliga värden då det vid tidpunkten rådde oklarheter kring vissa detaljer inom provnings- och beräkningsmetoder relaterat till direktivet. Det ger dock en bra uppfattning om var bergvärmepumparna som grupp hamnar. Primärenergifaktorn = 2,5. Tillskottseffekten täcks med el.



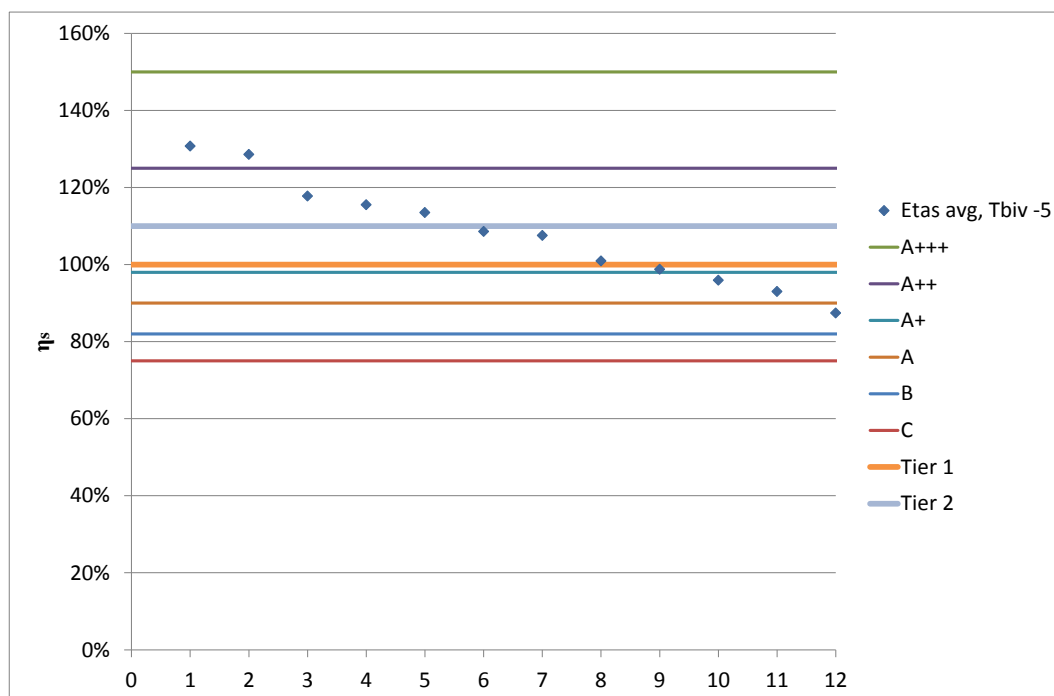
Figur 10. Energieffektivitet vid rumsuppvärmning med lågtempererat värmesystem för 8 st bergvärmepumpar utvärderade på uppdrag av Energimyndigheten under 2012. OBS att detta är ungefärliga värden då det vid tidpunkten rådde oklarheter kring vissa detaljer inom provnings- och beräkningsmetoder relaterat till direktivet. Det ger dock en bra uppfattning om var bergvärmepumparna som grupp hamnar. Primärenergifaktorn = 2,5. Tillskottseffekten täcks med el.



Figur 11. Effektiviteten vid tappvattenvärmning för 8 värmepumpar utvärderade på uppdrag av Energimyndigheten under 2012. Värden gäller för tappningscykeln "L". OBS att detta är ungefärliga värden då det vid tidpunkten rådde oklarheter kring vissa detaljer inom provnings- och beräkningsmetoder relaterat till direktivet. Ovanstående ger dock en bra uppfattning om var bergvärmepumparna som grupp hamnar. Primärenergifaktorn = 2,5. Tillskottseffekten täcks med el.

1.2.2.3 Luft-vattenvärmepumpar

Luft-vattenvärmepumpar hamnar inom samma kategori som bergvärmepumparna och därför gäller samma effektivitets- och ljudkrav (se Tabell 17 - Tabell 23 i bilaga 1). Figur 12 nedan visar effektiviteten för 12 stycken luft-vattenvärmepumpar utvärderade under 2010-2011. Precis som för luft-luftvärmepumpar innebär eco-designreglerna att medeleffektiviteten kommer att höjas då de minst effektiva värmepumparna som finns på marknaden idag inte längre kommer att kunna säljas.



Figur 12. Energieffektiviteten vid rumsuppvärmning med högttemperatursystem för 12 st luft-vattenvärmepumpar som SP utvärderade åt Energimyndigheten 2010-2011. OBS att detta är ungefärliga värden då det vid tidpunkten rådde oklarheter kring vissa detaljer inom provnings- och beräkningsmetoder relaterat till direktivet. Ovanstående ger dock en bra uppfattning om var luft-vattenvärmepumparna som grupp hamnar. Primärenergifaktorn = 2,5. Tillskottseffekten täcks med el.

1.2.2.4 Frånluftsvärmepumpar

Frånluftsvärmepumpar finns idag i två olika typer. En traditionell enklare variant och en effektivare, kondenserande, som klarar av de nya byggnadsreglerna. Gällande Eco-design och energimärkning så faller frånluftsvärmepumparna under samma regler som bergvärmepumpar och luft-vattenvärmepumpar. Resultatet av en analys av testdata och tillverkardata tyder på att den gamla konstruktionen kommer att få svårt att klara eco-designkraven och kommer i så fall inte att kunna säljas. Den nya konstruktionen klarar kraven, men är dyrare och ställer höga krav på bla isolering av avlufts kanal etc vid byte från en gammal konstruktion.

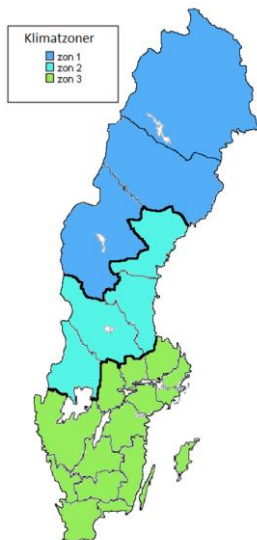
1.2.3 Boverkets Byggregler

När det gäller regler för byggande av bostäder finns det olika regelverk i kommunerna. I denna rapport håller vi oss till de nationella reglerna – Boverkets Byggregler (Boverket 2013), reglerna gäller vid nybyggnation och omfattande renovering. Det som framförallt påverkar värmepumpstekniken är energireglerna i kapitel 9 – Energihushållning. Värmepumpsvärmda bostäder räknas som elvärmda, och därför begränsas

energianvändningen och installerad eleffekt för uppvärmning till de värden som anges i Tabell 1. En liknande tabell finns för lokaler.

Tabell 1. Tillåten specifik energianvändning och installerad eleffekt för bostäder i de tre klimatzoner Sverige är uppdelat i enligt BBR, se Figur 13.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifik energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} – 130)	0,030(A _{temp} – 130)	0,025(A _{temp} – 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40



Figur 13. BBRs indelning av Sverige i klimatzoner (Filipsson, Heincke et al. 2011)

I en rapport från SP (Ruud 2010), analyseras olika installationstekniska lösningar för att uppnå kraven enligt Tabell 1 (rapporten refererar till BBR16 men energihushållningsreglerna är desamma som i BBR20). Han räknar där på tre olika klimatskal - ett väldigt välisolerat och kompakt, ett välbyggt standardhus, samt ett inte lika välisolerat hus med en del köldbryggor.

Några resultat visas i Tabell 2 nedan. Ur tabellen framgår det att det kompakta huset ($UA_{tot} = 51 \text{ W/K}$) klarar kraven oavsett uppvärmningssätt. Används bergvärmepump klarar alla husen kraven. Luft-vattenvärmepump klarar kraven för det välisolerade huset, detsamma gäller för den kondenserande frånluftsvärmepumpen som även klarar kraven för det ”normala” huset i klimatzon 3.

Tabell 2. Utdrag ur (Ruud 2010). Tabellerna visar specifik energianvändning för tre olika typhus för klimatzon 2 och 3 enligt BBR. Gröna siffror visar att lösningen klarar kraven, röda att de inte gör det. Siffror inom parentes innebär att lösningen inte klarar kravet på max installerad eleffekt. DistrHeat = fjärrvärme, ExAirVent = frånluftsventilation, ExAirVentHP = frånluftsvärmepump, OutAirHP = luftvattenvärmepump, GrSourceHP = bergvärmepump, EX/SUAirVHR = ventilationsvärmeväxlare, DirEl = direktel, ThSol = solvärme, UA_{tot} = totalt värmegenomgångstal för byggnaden

Table 17. Calc. **specific energy use** in north part of climatic zone III (kWh/m² year)

Outdoor temp Year, mean (6 °C)	UA_{tot} (W/K)			Max. value in BBR16
Heating and ventilation system	51	90	133	
DistrHeat + ExAirVent	79	120	165	110
ExAirVentHP	34	53	(83)	55
OutAirHP + ExAirVent	35	(51)	(71)	55
GrSourceHP + ExAirVent	29	39	49	55
DistrHeat + Ex/SuAirVHR	60	97	141	110
DirEl + ThSol + Ex/SuAirVHR	49	(82)	(121)	55
OutAirHP + Ex/SuAirVHR	31	44	(61)	55
GrSourceHP + Ex/SuAirVHR	26	35	46	55

Table 18. Calc. **specific energy use** in north part of climatic zone II (kWh/m² year)

Outdoor temp Year, mean (3 °C)	UA_{tot} (W/K)			Max. value in BBR16
Heating and ventilation system	51	90	133	
DistrHeat + ExAirVent	105	157	212	130
ExAirVentHP	45	(74)	(116)	75
OutAirHP + ExAirVent	49	(73)	(106)	75
GrSourceHP + ExAirVent	37	49	63	75
DistrHeat + Ex/SuAirVHR	79	128	182	130
DirEl + ThSol + Ex/SuAirVHR	65	(108)	(157)	75
OutAirHP + Ex/SuAirVHR	40	(60)	(88)	75
GrSourceHP + Ex/SuAirVHR	32	45	58	75

Diskussioner pågår om en eventuell skärpning av byggreglerna för att möta kraven på NäraNollEnergihus och kraven i EPBD2. Energimyndigheten har föreslagit att fr.o.m. 2021 ska alla nybyggda hus uppnå kraven enligt Tabell 3, vilket är nästan en halvering av energianvändningen jämfört med dagens byggregler (Energimyndigheten 2010). För renovering av befintliga byggnader föreslås målnivåer enligt Tabell 4.

Tabell 3. Föreslagna målnivåer för energianvändning i nybyggda hus from 2021 (Energimyndigheten 2010)

Byggnadskategori/geografisk zon	Icke elvärmdda [kWh/m ² , år]			Elvärmdda [kWh/m ² , år]		
	I	II	III	I	II	III
Bostäder	75	65	55	50	40	30
Lokaler, grundvärde	70	60	50	50	40	30
Lokaler, högsta tillägg för hygienluftflöde	35	30	25	25	20	15

Tabell 4. Föreslagna målnivåer för energianvändningen i renoverade byggander (Energimyndigheten 2010).

Byggnadskategori/ Geografisk zon	Icke elvärmda [kWh/m ² , år]			Elvärmda [kWh/m ² , år]		
	I	II	III	I	II	III
Bostäder	105	90	75	70	55	40
Lokaler, grundvärde	100	85	70	70	55	40
Lokaler, högsta tillägg för hygienluftflöde	50	40	30	30	25	20

(Filipsson, Heincke et al. 2011) har genomfört en analys för att utreda vilka tekniska lösningar som kan uppnå målen vid renovering av flerbostadshus, samt livscykelkostnaden för dessa. Lamellhus, punkthus och skivhus har analyserats och resultaten pekar på att formen på husen samt byggår är av mindre betydelse. Klimatzonen är viktigare för resultatet. De åtgärder som har analyserats är fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte, fasadrenovering och installation av så kallad FTX. Åtgärderna har kombinerats med fyra olika uppvärmningssystem. Dessa är att behålla fjärrvärmesystemet, komplettera fjärrvärme med en frånluftsvärmepump, konvertera till bergvärmepump eller luft-vattenvärmepump. Frånluftsvärmepumpens storlek är vald så att installerad effekt är lägre än 10 W/m² och byggnaden räknas då som icke-elvärmad.

Resultaten visar på att installation av frånluftsvärmepump, bergvärmepump eller luft-vattenvärmepump klarar kravnivåerna. För vissa byggnader räcker det att enbart installera bergvärme eller frånluftsvärmepump för att uppfylla kraven. I många fall krävs dock även att fastighetsel och tappvattenlösning åtgärdas. Ekonomiskt mest fördelaktigt under givna antaganden är lösningarna med frånluftsvärmepump med fjärrvärmesystemet som spetsvärmekälla. För lösningar med enbart fjärrvärme krävs ofta en omfattande renovering inkluderande de flesta av alla åtgärdspaketet ovan.

1.2.4 Energieffektiviseringsdirektivet

Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU) är inriktat på storskaliga lösningar för kyla, värme och elproduktion. Inget omnämns om mindre, distribuerade lösningar som tex värmepumpar. I regeringens promemoria "Förslag till genomförande av energieffektiviseringsdirektivet i Sverige" förslås 4 nya lagar:

- Lag om energikartläggning i stora företag
- Lag om frivillig certifiering av vissa energitjänster
- Lag om energimätning i byggnader
- Lag om vissa kostnads-nyttoanalyser på energiområdet

Inga av dessa bedömer författaren specifikt påverkar värmepumpsbranschen. Ett ökat fokus på energieffektivitet bör vara gynnsamt för alla energieffektiva tekniker, däribland värmepumpar.

Enligt direktivets artikel 7, ska varje land införa ett kvotsystem för energidistributörer. Detta kvotsystem ska tillse att det senast den 31:a december 2020 uppnås en besparing i slutanvändarled motsvarande en årlig förbättring av 1,5% från 1/1 2014 till 31/12 2020. I

promemorian föreslås att Sverige anammar en alternativ strategi vilken ska leda till samma slutmål men genom policyåtgärder istället. Exakt utformning av detta pågår. Som underlag ligger bla Energimyndighetens rapport ER2013:04 *Implementering av artikel 7 i energieffektiviseringsdirektivet – Energimyndighetens beräkningar och förslag*. I denna rapport anser Energimyndigheten att befintliga styrmedel täcker häften av det sparbetning som åligger Sverige. Återstående hälft anser Energimyndigheten kan uppnås genom förstärkta insatser i befintliga styrmedel. Förstärkningar och breddningar av tex Programmet för Energieffektivisering, samt nätverken BELOK och BeBo föreslås. Inget av detta är specifikt inriktat på värmepumpar.

Promemorian och direktivet innehåller mycket mer men inget av detta bedömer författaren får specifikt genomslag för värmepumpar.

1.2.5 Märkningssystem

Idag finns ett flertal olika märkningssystem bla P-märkning, Svanen, EHPA Quality label samt EUs Eco-label. Av dessa är det P-märkning på luft-luftvärmepumpar som har en påtaglig användning i Sverige. Övriga märkningar och applikationer har en begränsad användning idag. I och med införandet av den obligatoriska energimärkningen är det högst troligt att ovan nämnda märkningssystem anpassar sig till energimärkningens regelverk, men med kompletterande regelverk gällande tredjepartsprovning, kvalitet och service.

1.3 Teknisk utveckling

1.3.1 Köldmedier

Idag används nästan uteslutande sk HFC-köldmedier. På grund av deras påverkan på växthuseffekten är det högst troligt att dessa fasas ut enligt beskrivningen av F-gasförordningen i ett tidigare avsnitt. På kort sikt blir det troligen en övergång mot köldmedier med lägre växthuspåverkan, tex R32. På längre sikt blir övergången högst troligt till naturliga köldmedier som kolväten, koldioxid och ammoniak. Tekniker för användning av dessa medier finns till stor del och utmaningen här är främst att hinna få upp volymen av tillgängliga komponenter, optimera dem för de aktuella medierna, samt att hålla rätt prisnivå. Största utmaningen för kyl- och värmepumpsbranschen ligger förmodligen på utbildningen av servicepersonal. Kolväten är brandfarliga, ammoniak giftigt och koldioxidsystem innebär höga tryck.

Vilken påverkan får då detta byte av köldmedier på värmepumparnas effektivitet? En undersökning från KTH (Palm 2008), där kolväten och ammoniak analyseras, visar att effektiviteten hos dessa medier är i paritet med HFC-köldmedier. Exakt relation beror på driftpunkten samt de komponenter som finns att tillgå. Med andra ord bör inte effektiviteten påverkas negativt.

1.3.2 Komponenter

Eco-design och Energimärkningsdirektivet utgår från en metod där värmepumpens årsvärmefaktor beräknas. De europeiska testmetoderna har därför anpassats till detta system och således rör sig märkningssystem och testmetoder bort från COP vid en eller ett par fasta driftpunkter för att istället sätta krav på SCOP, årsvärmefaktorn. Detta tillsammans med den pågående tekniska utvecklingen på kompressorer gör det troligt att varvtalsstyrda kompressorer kommer att bli allt vanligare i värmepumpar framöver. Idag är det den dominerande tekniken på luft-luftvärmepumpar, och det finns också på en hel

del, framförallt asiatiska, luft-vattenvärmepumpar. Troligt är att detta kommer att bli vanligt även på europeiskt producerade luft-vatten och bergvärmepumpar framöver.

Tekniken ökar effektiviteten sett över året och ger förutsättningar för att värmepumpar kommer att dimensioneras som heltäckande, dvs ingen tillskottselsel för att täcka max effektbehov. Bla Emerson (Emerson Climate Technologies 2012) och Danfoss (Danfoss 2012) har lanserat varvtalsstyrda kompressorer med permanentmagnetmotorer.

För luftvärmepumpar är det fortfarande så att de ofta stängs av under en viss utomhustemperatur, vanligen runt $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, och då krävs en extra värmekälla som klarar hela husets effektbehov. Ofta är det en elektrisk värmare. Olika tekniker finns för att få kompressorn att fungera ner till lägre temperaturer, tex EVI (Enhanced Vapour Injection) och sk wet-injection. Detta kombinerat med varvtalsstyrningen (som innebär att kompressorn kan ”övervarvas” och bibehålla värmekapaciteten) ökar förutsättningarna för att kunna ta bort tillskottseffekten även för luft-vattenvärmepumpar.

Utfasningen av HFC kommer troligtvis att leda till ökat fokus även på värmeväxlarna, dvs förångare och kondensor. När priset på HFC ökar som en följd av begränsad tillgänglighet kommer det att vara intressant att minska den interna volymen i värmeväxlaren. Även vid en övergång till kolväten som köldmedium är det ur säkerhetssynpunkt intressant att hålla nere mängden. De plattvärmväxlare som idag används i bergvärmepumpar och som kondensor i luft-vattenvärmepumpar är kompakta och har en låg sk fyllning, men arbete på bla KTH (Fernando, Palm et al. 2004) visar att detta går att reducera ytterligare. Med insatser på rördimensionering och kompressorolja kan mängden köldmedium reduceras ytterligare.

Mikrokanalsvärmväxlare används idag i allt högre grad för luftberörda kondensorer. Jämfört med de fin-and-tube värmväxlare som används idag innehåller dessa mycket mindre köldmedium, är mindre, lättare och billigare. Tekniken är inte lika lätt att applicera på förångare för värmepumpar pga isbildningen vid låga temperaturer.

1.3.3 Applikationer och systemlösningar

De vanligaste applikationerna framåt kommer sannolikt att vara desamma som idag, dvs rums- och tappvattenuppvärmning av bostäder. Värmesystemen kommer att vara vattenburna bestående av radiatorer, golvvärme eller konvektorer. De hus vi har idag kommer att i huvudsak vara de vi bor i även om 30-50 år. Nya hus kommer att vara mer välisolerade med lägre energi- och effektbehov än idag. Värmepumparna kommer därför att behöva anpassas för detta. För villor behöver det utvecklas värmepumpar med lägre kapacitet än de har idag. Om byggreglerna skärps som beskrivits i tidigare avsnitt kommer värmepumparna också troligen att behöva integreras eller samstyras med ventilationssystemet.

Rena varmvattenvärmepumpar är inte vanligt i Sverige idag, men med eventuella ökande elpriser är det troligt att försäljningen av dessa kommer att öka framöver, framförallt då till hus med direktverkande el och luft-luftvärmepump som värmekälla.

För lokaler och kontor med värme- och kylbehov passar värmepumpar med ett borrhållslager eller akvifärlager bra då de ger en hög systemårsfaktor. Exempel på sådana anläggningar som följts upp och effektiviteten mätts upp under ett antal år har publicerats av bla (Vanhoudt, Desmedt et al. 2011), Belgien, och (Winiger, Kalz et al. 2013), Tyskland. Exempel på större anläggningar finns i (Sanner 2009), där den största anläggningen har 70 km borrhåll.

Som beskrivits i avsnittet om byggregler så kan det i samband med en renovering vara ekonomiskt fördelaktigt att installera värmeåtervinning med värmepump i befintliga flerfamiljshus. Dessa system använder fjärrvärme för att täcka upp när värmepumpen inte klarar hela effektbehovet.

Inom industrin är det inte så vanligt med värmepumpar idag, men det är mycket möjligt att användningen kommer att öka. I processindustrier där man har flera olika medieflöden vid olika temperaturnivåer kan det exempelvis bli intressant att använda värmepumpar. Det finns idag teknik som gör att värmepumparna kan leverera värme upp till ca 120 °C (Hamberg 2013).

1.3.4 Effektivitet

Hur effektiv kan en värmepump bli? Den teoretiska gränsen sätts av Carnotcykeln, vars COP beräknas utifrån temperaturen på varma (T_1) respektive kalla sidan (T_2), enligt Formel 1.

Formel 1. Beräkning av Carnotvärmefaktorn. T_1 = varma temperaturen, T_2 = kalla temperaturen

$$COP_C = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

Om vi utgår från att vi har en bergvärmepump som ska värma ett hus så är +6 °C ett normalt värde på bergets temperatur och önskad inomhustemperatur är +20 °C. Genom att använda Formel 1 blir den maximala värmefaktorn för detta fall 20,9. Det högsta COP som uppmättes för bergvärmepumparna i Energimyndighetens test 2012 var 4,8 (driftpunkten B0W35) – alltså endast 23 % av teoretiskt max.

Vad beror då det på? Det första är att värmepumpen inte arbetar med temperaturerna +6 °C respektive +20 °C. Mätningen gjordes vid B0W35 dvs 0 °C på mediet som kommer in i förångaren (köldbäraren) respektive att vattnet som lämnar kondensorn (värmebäraren) är 35 °C. Används de temperaturerna i Formel 1 blir $COP_c = 8,8$ vilket är 42 % av det COP_c som uppnås om vi kunde arbeta med oändliga värmeväxlare. Det finns med andra ord stora förbättringar att göra i de system som egentligen ligger utanför värmepumpen. I detta fall ligger 60 % av reduktionen från teoretiskt maximum i temperaturskillnaden mellan berget och köldbäraren, samt i temperaturskillnaden mellan värmebäraren och rumsluften. Temperaturskillnaden mellan berg och köldbärare kan reduceras genom:

- Längre borrhål
- Effektivare kollektorer
- Återladdning av borrhålet (tex med värme ur frånluft)

Temperaturskillnaden mellan värmebärare och rumsluft kan reduceras genom:

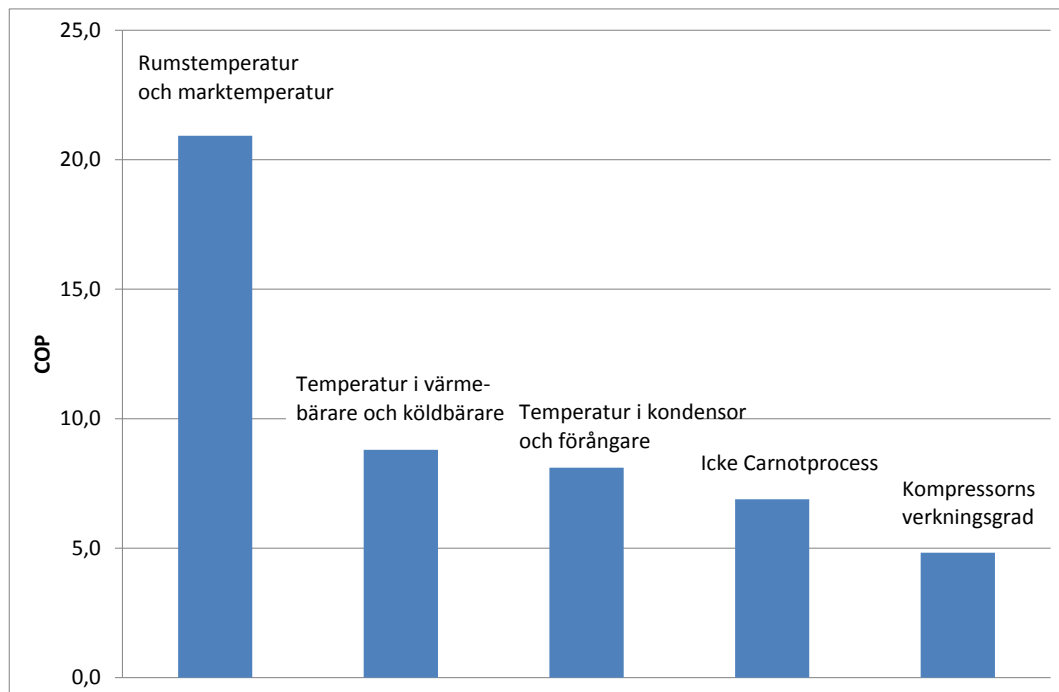
- Större värmeöverförande ytor – större radiatorer, vattenslingor i golv, väggar och tak
- Förbättrad värmeöverföring, tex genom fläktkonvektorer alternativt radiatorfläktar

Vad kan förbättras inuti värmepumpen? En ideal ångkompressionscykel som används i värmepumpar följer inte Carnotcykeln. Reduktionen är ca 15-20 % beroende på köldmedium. Vidare innefattar en praktisk ångkompressionscykel förluster i kompressionen i form av friktion, förluster i elmotor etc, samt tryckfall och temperaturdifferenser i värmeväxlarna. I exemplet ovan arbetar värmepumpen vid

driftpunkten B0W35 – det innebär med en normal dimensionering av värmeväxlare och funktion hos expansionsventil att kondenseringstemperaturen är ca 35 °C och att förångningstemperaturen är ca -3 °C. Formel 1 ger då att $COP_c = 8,1$.

Kompressorverkningsgraden (som innehåller förluster i kompressionen, förluster i elmotor etc) är ca 70 % för mindre hermetiska kompressorer (beroende på driftpunkt, kompressortyp mm). Med hänsyn till kompressorverkningsgraden är då $COP = 5,7$, och inkluderas sedan förlusterna i en icke ideal process så landar vi på $COP \approx 4,8$, se Figur 14. Resonemanget ovan gällde en driftpunkt men gäller naturligtvis för hela året – enda skillnaden är att temperaturnivåerna varierar och de absoluta talen blir då annorlunda.

För att komma tillbaka till den inledande frågan så är vår bedömning att för fallet ovan skulle ett COP på 7,3 kunna nås genom att återladda borrhål (+4 °C istället för 0 °C, visat av tex (Fahlén och Karlsson 2003)), effektivare golvvärme (30 °C istället för 35 °C), effektivare värmeväxlare och bättre/annan lösning för expansionsventil samt 10 % effektivare kompressorer.



Figur 14. Diagrammet visar hur COP reduceras pga temperaturnivåer och förluster i ångkompressionscykeln

1.3.4.1 Bergvärme

Diagrammet i Figur 15 visar trenden för hur COP för bergvärmepumpar ökat sedan mitten av 90-talet. Diagrammet baserar sig på provningar som SP utfört åt Energimyndigheten och Konsumentverket. Den genomsnittliga ökningen i COP är 2 %/år. I diagrammet visas även två trendlinjer för SPF, dvs årsvärmefaktorn (inklusive tillskott). Årsvärmefaktorn har beräknats enligt en SP-metod där hänsyn tas till att värmepumpen även värmer tappvarmvatten. För värmepumparna som testades 2012 så var SPF för ett högtempererat värmesystem 22 % lägre än COP vid 0/35. SPF för ett lågt tempererat system var 6 % lägre. Detta har sedan förutsatts gälla även för tidigare år. Ur diagrammet framgår det att SPF ökar från 3,5 till 4,2 vid ett byte från högt tempererat värmesystem (55 °C vid DVUT) till ett lågt tempererat (35 °C vid DVUT) – en ökning med ca 20 %. Denna är mycket lägre än de nästan 50 % det skulle bli om vi räknade med Formel 4, men det beror på att skillnaden i värmesystemen inte är 20 K över hela året –

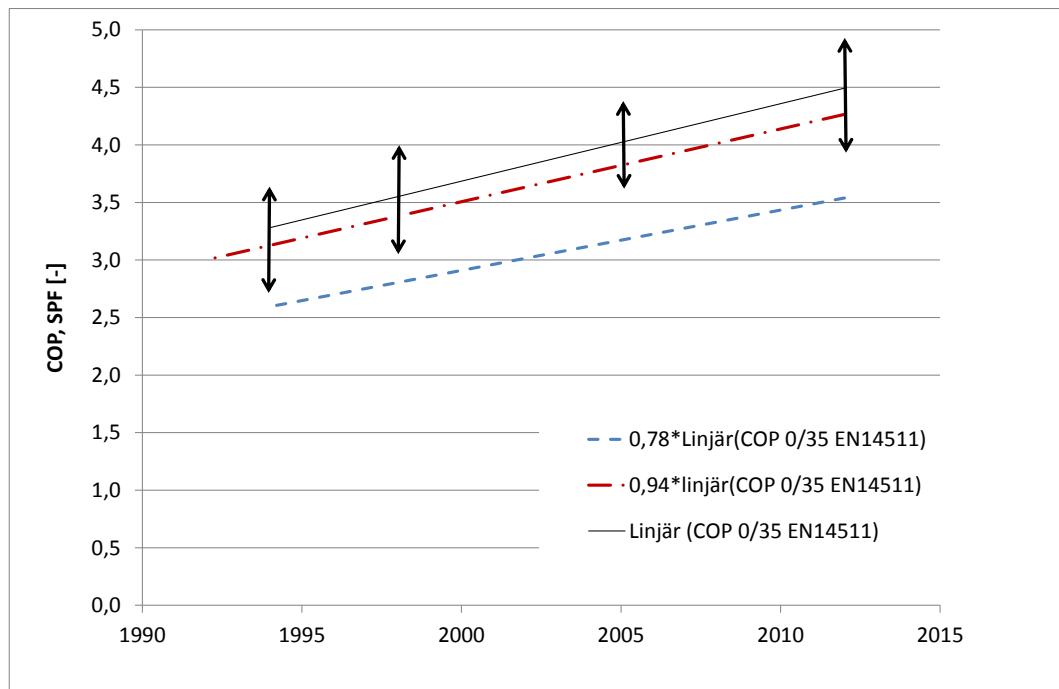
den är lägre i genomsnitt, plus att värmepumparna gör varmvatten på samma sätt oavsett värmesystemets temperatur.

En stor förbättring som kan göras är alltså att öka ytan på värmesystemet så att erforderlig temperatur i systemet kan sänkas och SPF därmed ökas. Vidare kan temperaturen i borrhålet höjas med hjälp av att tex återladda hålet med värme från frånluften i ventilationssystemet. Vi antar här att värmesystemet dimensioneras för +30 °C vid dimensionerande vinterutetemperatur samt att borrhålets genomsnittstemperatur kan ökas med till ca +3 °C. Detta sker då utanför värmepumpen. Förbättringar som kan göras i värmepumpen är:

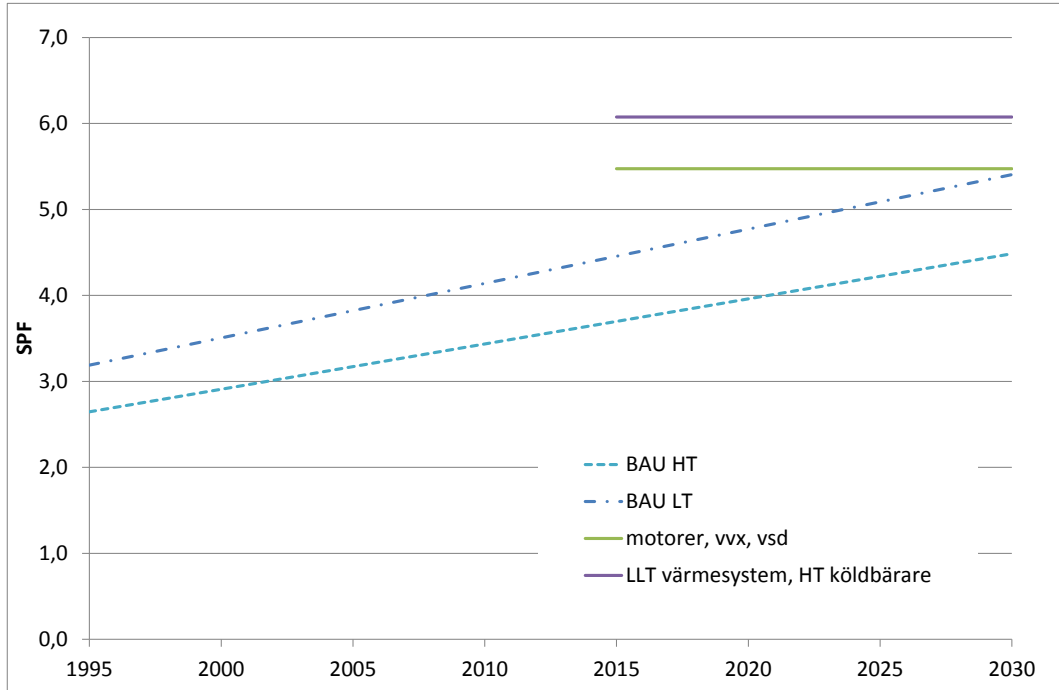
- användningen av effektivare motorer och värmeväxlare, vilket bör kunna öka SPF (och COP) med ca 15 %.
- införandet av varvtalsstyrda kompressorer ökar SPF pga bättre drift vid reducerad kapacitet samt att eltillsatsen kan tas bort. En ökning av SPF med ca 15 % anses rimligt (Karlsson 2007).

Figur 16 visar de två trendlinjerna för SPF (ur Figur 15) tillsammans med två begränsningslinjer som visar SPF om effektivare teknik inne i värmepumpen applicera plus den övre linjen som visar det SPF som skulle vara möjligt med föreslagna åtgärder på värmesystem och värmekälla. Om, och hur snabbt, de två övre linjerna nås avgörs av vilket fokus energieffektivitet ges i framtiden, samt hur energipriserna utvecklas.

Observera att detta estimat baserar sig på trendlinjerna som visar ett genomsnitt av utvärderade värmepumpar. De effektivaste värmepumpssystemen kommer att kunna nå högre SPF än vad som visas i diagrammet. Estimaten inkluderar heller inte effektiviseringar som kan göras för tappvattenuppvärmning.



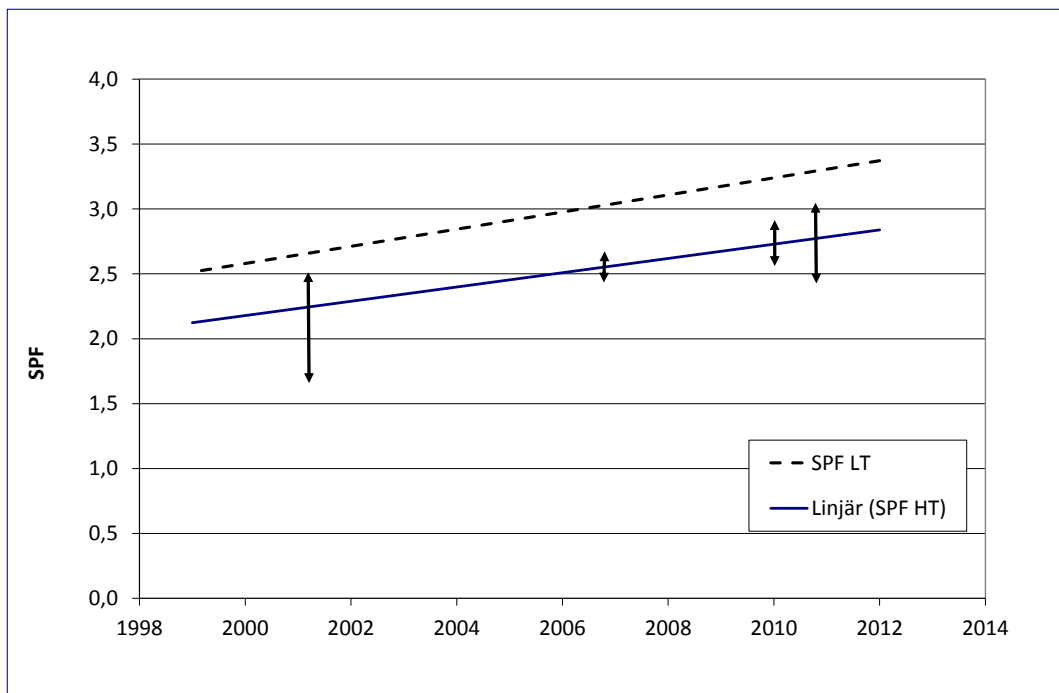
Figur 15. Diagrammet visar den historiska utvecklingen av COP för bergvärmepumpar vid driftpunkten 0/35. Diagrammet visar även uppskattad SPF för bergvärmepump i högtempererat (0,78*linjär..) respektive lågtempererat (0,94*linjär...) värmesystem. Pilarna visar spridningen i SPF mellan högsta och lägsta beräknade SPF.



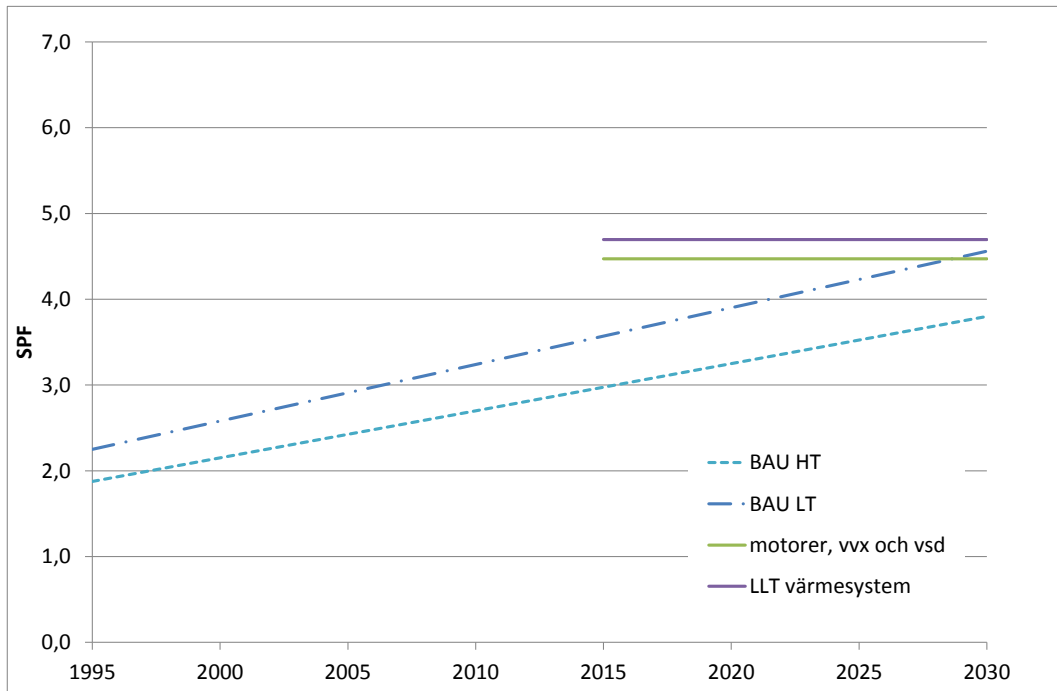
Figur 16. Olika utvecklingskurvor för SPF för bergvärmepumpar. BAU = business as usual. LT = lågtemperatur värmesystem, 35 °C vid DVUT. HT = högtemperatursystem, 55 °C vid DVUT. LLT = låg-lågtemperatur värmesystem, 30 °C vid DVUT. vsd = varvtalsstyrning

1.3.4.2 Luft-vattenvärmepumpar

Precis som för bergvärme finns det en hel del att vinna på förändringar utanför värmepumpen, dvs i värmesystemet. Även för dessa värmepumpar förutses effektivare motorer, värmeväxlare och varvtalsstyrning att lyfta SPF, se Figur 18. Även här gäller att estimatet baserar sig på trendlinjer som visar ett genomsnitt av utvärderade värmepumpar.



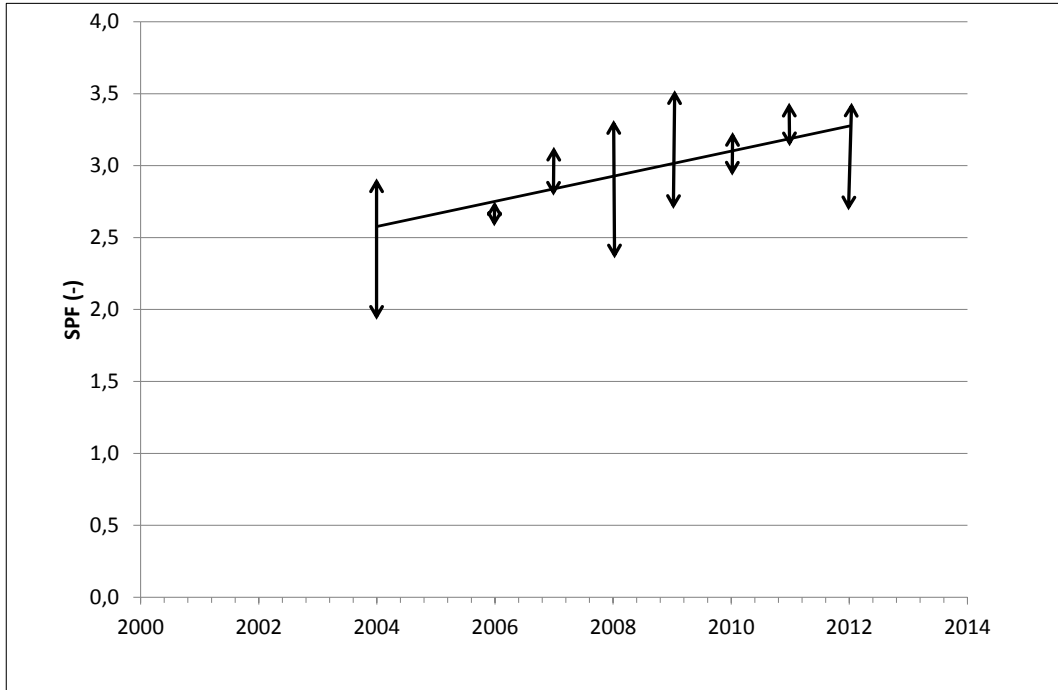
Figur 17. Diagrammet visar den historiska utvecklingen av SPF för luft-vattenvärmepumpar. SPF HT är en trendlinje baserad på beräkningar av SPF för ett för olika värmepumpar. SPF LT är en uppskattning baserad på att SPF LT = 1,2*SPF HT. Pilarna visar spridningen i SPF mellan högsta och lägsta beräknade SPF.



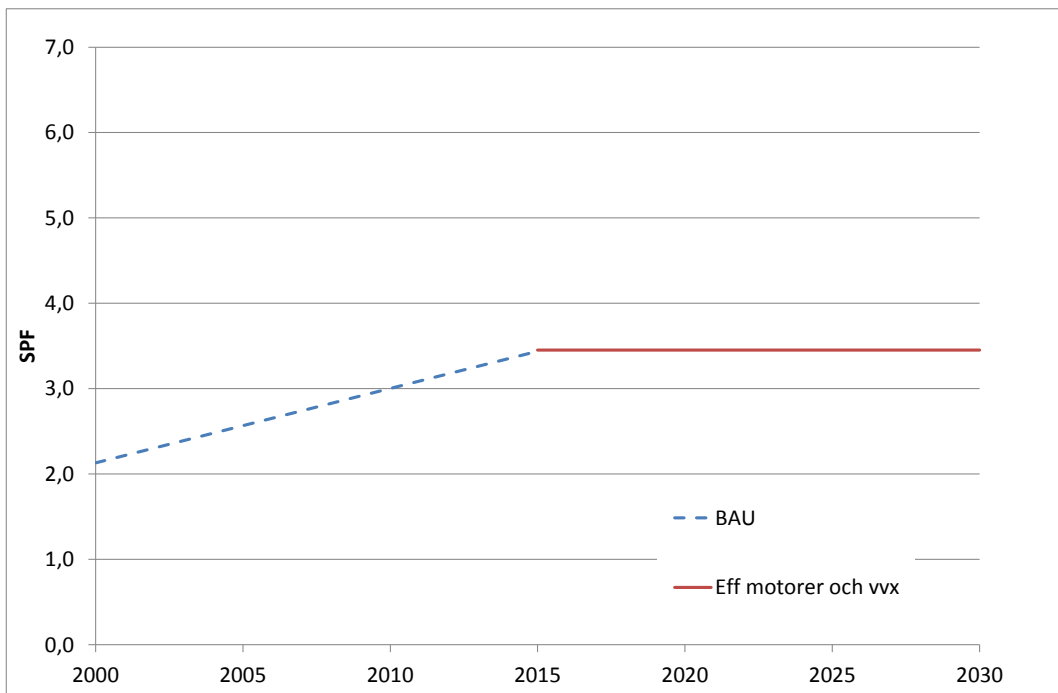
Figur 18. Olika utvecklingskurvor för SPF för luft-vattenvärmepumpar. BAU = business as usual. LT = lågtemperatur värmesystem, 35 °C vid DVUT. HT = högtemperatursystem, 55 °C vid DVUT. LLT = låg-lågtemperatur värmesystem, 30 °C vid DVUT. vsd = varvtalsstyrning

1.3.4.3 Luft-luftvärmepumpar

Denna typ av värmepump är redan idag ”high-tech” med varvtalsstyrda fläktar och kompressorer mm. Förbättringar kan göras på värmeväxlare, framförallt om man tillät dem att bli större med dagens teknik, alt införande av effektivare teknik som mikrokanalsväxlare. Denna värmepump är inte kopplad till något externt system och därför är det endast förbättringar i värmepumpen som förbättrar SPF. Med nedan angivna antagandet är det rimligt att anta ett genomsnittligt SPF på ca 3,5 för dessa värmepumpar. Även här gäller att estimatet baserar sig på trendlinjer som visar ett genomsnitt av utvärderade värmepumpar.



Figur 19. Genomsnittliga samt min- och maxvärden för SPF för ett hus med ett uppvärmningsbehov på 11 000 kWh/år på en ort med en årsmedeltemperatur på 6°C för att antal testade luft/luftvärmepumpar. Pilarna visar spridningen i SPF mellan högsta och lägsta beräknade SPF.



Figur 20. Olika utvecklingskurvor för SPF för luft-luftvärmepumpar. BAU = business as usual

1.3.4.4 Frånluftsvärmepump

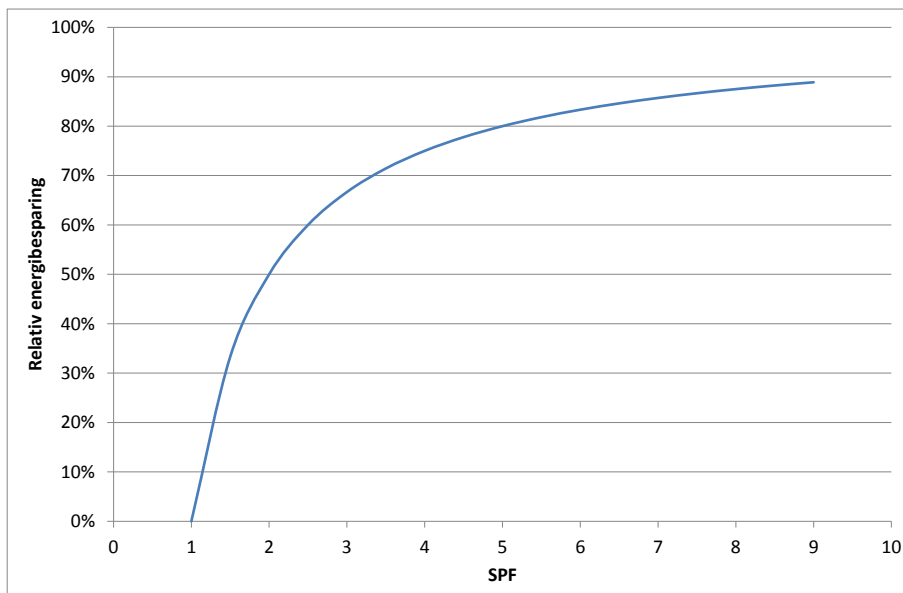
Denna värmepumpstyp har på senare år genomgått ett tekniskskifte som en konsekvens av de nya byggregler som kom 2009. Tidigare hade de oftast en relativt liten on/off-styrd kompressor och kylde avluften ner till ca 5°C. Den nya typen av frånluftsvärmepump, som krävs för att klara kraven i byggreglerna från 2009, har en varvtalsstyrd kompressor och kan därmed hämta mer värme från frånluften genom kyla den ner till ca -15°C som

lägst. Tidigare fick denna värmepumpstyp sällan ett SPF över 1,8. Idag kan erhålla SPF upp mot 2,6 för ett hus med ett radiatorsystem och upp mot 3,0 för ett hus med golvvärmesystem enligt de tester som SP utfört på uppdrag av Energimyndigheten under 2012 (<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Testerresultat/Testresultat/>).

1.4 Prisutveckling

Priset för en värmepumpsinstallation består av flera delar. Det är priset för värmepumpen, pris för installation och pris för eventuell borring, markberedning för bergvärmeinstallationer. För att kunna uttala sig om priset för en installation om ett antal år framåt i tiden skulle man behöva prediktera prisutvecklingen för dessa tre delar. Hur värmepumpens pris utvecklas beror på bla prispress från lågkostnadsländer, konkurrens, men även av energipriser och fokus på energieffektiv teknik. Om det under kommande år blir ett stort fokus på energieffektivitet i kombination med höga energipriser så kommer värmepumparna att kunna utvecklas mot mer avancerade tekniska lösningar och de kan också tillåtas att kosta mer. Om däremot energipriserna är låga kommer värmepumpen inte att kunna tillåtas bli mer avancerad om det innebär att kostnaden ökar. Vi gör därför i denna rapport inga förutsägelser om prisutvecklingen utan begränsar oss till ett kortare resonemang samt ger den historiska prisutvecklingen.

Figur 21 visar den relativa energibesparingen som funktion av årsvärmefaktorn, SPF, och ur figuren framgår det tydligt att vid höga årsvärmefaktorer så innebär en ytterligare förbättring en ganska liten ökning i besparing. Vid en årsvärmefaktor på fyra reduceras behovet av köpt energi med 75 % jämfört med ursprungsfallet. Ökas årsvärmefaktorn till fem, en ökning med 20 %, så reduceras köpt energi endast med fem procentenheter. I ett hus med värmebehovet 25 000 kWh innebär detta en ökad besparing om 1250 kWh per år. Denna besparing ger ett mått på hur mycket extra investering man kan tillåta sig för att bibehålla en rimlig återbetalningstid.

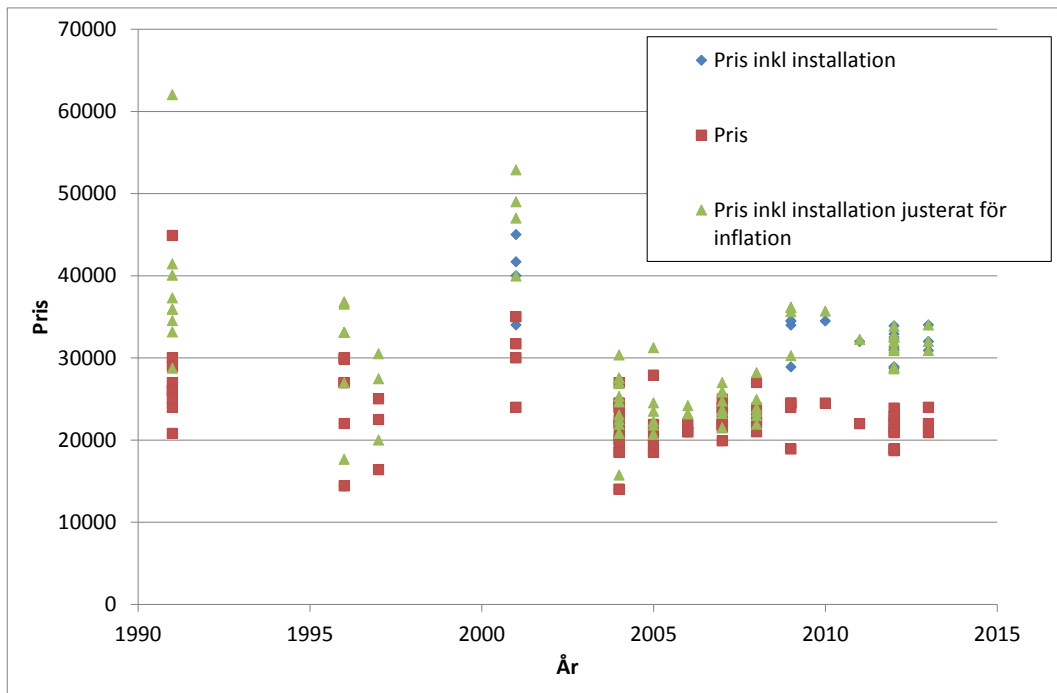


Figur 21. Relativ energibesparing som funktion av årsvärmefaktor, SPF

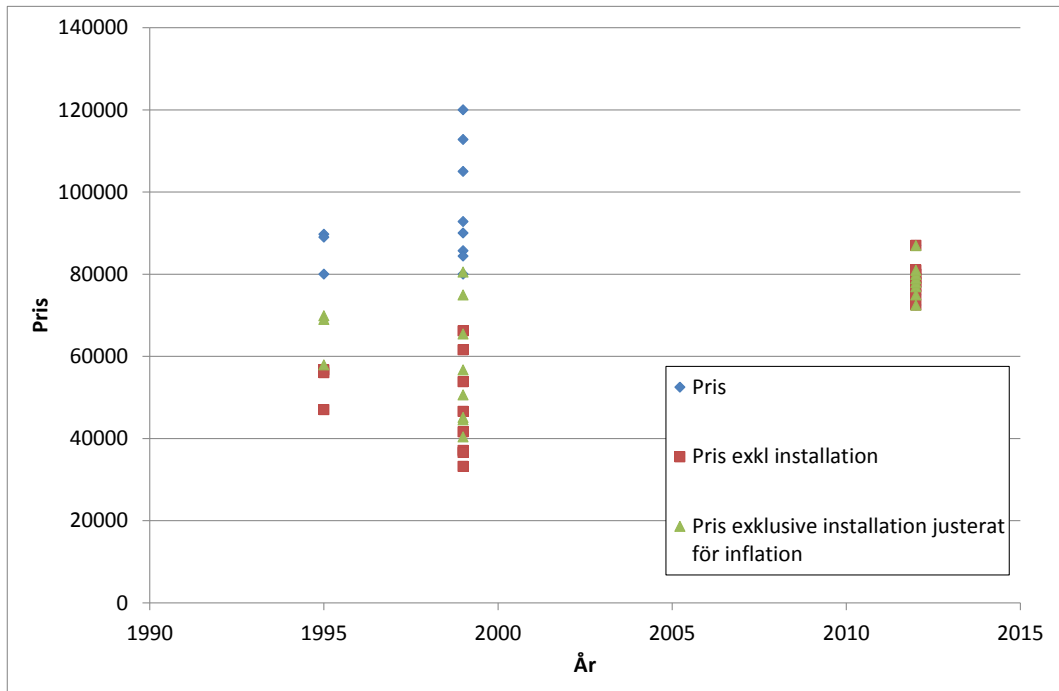
Figur 22 till Figur 24 visar den historiska prisutvecklingen för tre olika typer av villavärmepumpar. Tyvärr finns inte samma information att tillgå för värmepumpar för större fastigheter. Bäst underlag finns det för värmepumpar av typen luft-luft. Lite beroende på hur diagrammet tolkas kan man dra olika slutsatser. Vår tolkning är att priset för luft-luft-värmepumpar har planat ut på en nivå runt 30 000 kronor inklusive

installation. För bergvärme- och luft-vattenvärmepumpar är det endast några få år där data är tillgängliga och det är därför svårt att dra någon slutsats. Det ser dock ut som att priserna är fortsatt stigande även efter att man tagit hänsyn till inflationen. Enligt (Forsén 2013) är genomsnittskostnaden (avrundade värden) för en totalentreprenad i ett hus med värmebehovet 20 000 kWh/år för en:

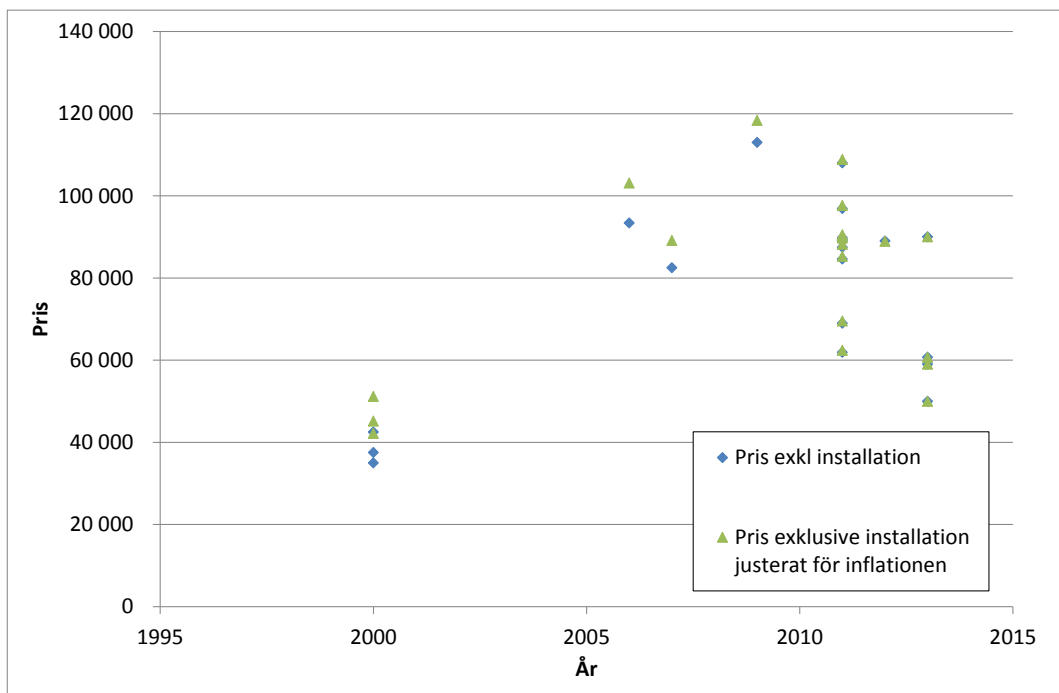
- luft-luftvärmepump 24 000 kr
- luft-vattenvärmepump 106 000 kr
- bergvärmepump 144 000 kr
- frånluftsvärmepump 65 000



Figur 22. Prisutvecklingen för luft-luftvärmepumpar. Prisuppgifter tagna ur Råd&Rön samt Energimyndigheten från åren 1991 till 2013. För de fall där pris för installation inte ingått (2001, 2004 och 2008-2013) har det antagits att installationen kostar 10 000 SEK.



Figur 23. Prisutvecklingen för bergvärmepumpar. Prisuppgifter tagna ur Råd&Rön samt Energimyndigheten från åren 1995 till 2012.



Figur 24. Prisutvecklingen för luft-vattenvärmepumpar. Prisuppgifter tagna ur Råd&Rön samt Energimyndigheten från åren 2000 till 2013.

1.5 Diskussion och slutsats

Den kommande revideringen av F-gasförordningen kommer högst troligt att tvinga värmepumpsbranschen att övergå mot naturliga köldmedier. Det som kan ändra detta är ifall det kommer fram nya köldmedieblandningar med lågt GWP.

Det nyligen antagna eco-designdirektiven för pannor, varmvattenberedare och luftkonditioneringsutrustning kommer att höja medeleffektiviteten hos värmepumpar av typen luft-luft och luft-vatten, då de sämsta värmepumparna som finns på marknaden idag inte kommer att kunna säljas när dessa regler träder i kraft under 2013 respektive 2015.

Marknaden för värmepumpar i villor i Sverige går över från en renoveringsmarknad till en utbytesmarknad då de allra flesta som kan gå över till värmepump som värmekälla redan har gjort detta. Framöver kommer villamarknaden bestå i byte från en gammal värmepump till en ny. Tillväxtområden är tappvattenvärmepumpar för tex direktelvärmda villor samt värmepumpar för större fastigheter och industriella applikationer. Studier (Filipsson, Heincke et al. 2011) visar att vid renoveringar av miljonprogrammets byggnader till NäraNollEnergihus kan värmepumpar vara ett kostnads- och effektivitetsmässigt bra alternativ. Kontorslokaler med värme- och kylbehov är bra applikationer för bergvärmepumpar kopplade till ett borrhålslager där man kan nå hög energieffektivitet.

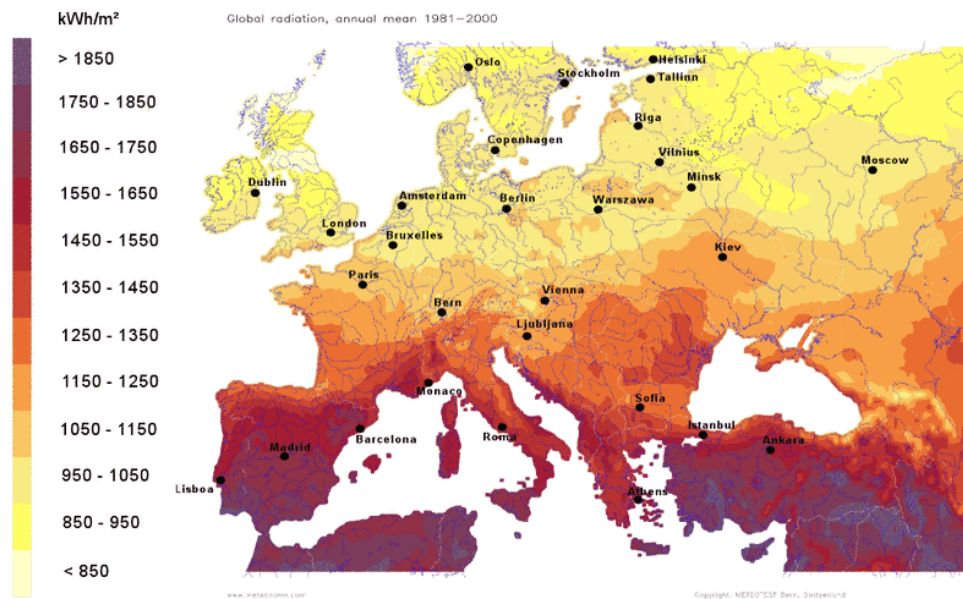
Tekniskt kommer värmepumpar både för villor och fastighet att gå mot heltäckande lösningar, dvs man dimensionerar inte för en elpatron som tillskottseffekt. Varvtalsstyrda kompressorer och effektivare motorteknik tillsammans med effektivare värmeväxlare höjer effektiviteten hos värmepumpen. Anpassning av värmesystemen för lågtemperaturvärme har den högsta energibesparingspotentialen för värmepumpssystemen.

Hur höga årsvärmefaktorer som kommer att uppnås begränsas inte bara av tekniken utan även energipriserna sätter en gräns. Höga energipriser kommer att driva på utvecklingen av avancerade system. Låga energipriser innebär att effektiviteten kommer att öka betydligt långsammare. Att nå årsvärmefaktorer över sex för ett bergvärmepumpssystem är tekniskt möjligt men om vi kommer ända dit återstår att se.

2 Solvärme

2.1 Bakgrund och några definitioner

Solinstrålningen i Sverige är inte en begränsande faktor för satsningar på solenergi. Tyskland är det land i världen som har mest sol per innevånare och det är i princip samma solinstrålning, och därmed samma energiutbyte, i södra Sverige som i Tyskland, se Figur 25. Det finns i storleksordningen 300 km² tak och fasader med bra förutsättningar för att montera solcellsmoduler och solfångare i Sverige.



Figur 25. Energiutbytet från solen i olika delar av Europa.

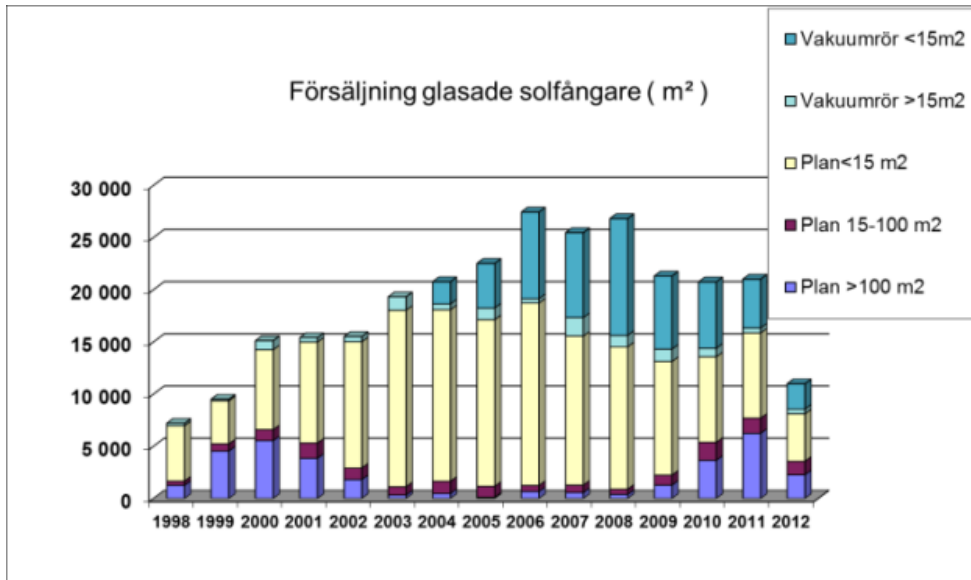
I en solvärmeanläggning omvandlas solenergi till värmeenergi med hjälp av solfångare. I en soleanläggning används i stället solcellsmoduler för att producera elenergi.

Vad värmen från en solfångare skall användas till blir avgörande för vilken temperaturnivå som krävs och därmed också för vilken typ av solfångare som skall användas. Generellt krävs mer effektiva, men inte nödvändigtvis dyrare solfångare ju högre temperatur man önskar uppnå. Priset per producerad kilowattimme blir dock högre eftersom alla solfångare har det gemensamt att deras effektivitet minskar med stigande temperatur.

Solvärme har långsamt varit på väg att etablera sig i Sverige efter knappt tio år med ett litet men uthålligt statligt stöd. Sedan 2009 har trenden dock varit vikande och mellan 2011 och 2012 halverades försäljningen, se Figur 26. Orsaken var främst att det statliga investeringsstödet försvann vid årsskiftet 2011/2012, och att informationen om möjligheten till ROT-avdrag inte nådde ut. En annan bidragande orsak är troligen att solet haft ett rejält uppsving som en följd av snabbt sjunkande priser och ett statligt stöd som knappt hunnit med att anpassas till denna positiva utveckling, se Figur 27. Detta har självfallet lett till att många som funderat på att investera i solenergi har landat i en soleanläggning i stället för i en solvärmedito.

En effekt av detta är att solceller kombinerat med värmepump blivit en alltmer populär lösning jämfört med solfångare. Solcellslösningen har också den uppenbara fördelen, särskilt i små system, att den är enklare att installera och att ett eventuellt överskott av

(e)energi är enklare att hantera. Det förekommer t.o.m. systemlösningar där solex används för att direkt värma varmvatten i en elberedare. I det följande koncentreras redovisningen dock till solvärmelösningar, men kombinationen solex och värmepump berörs också kort i avsnitt 2.3.2.

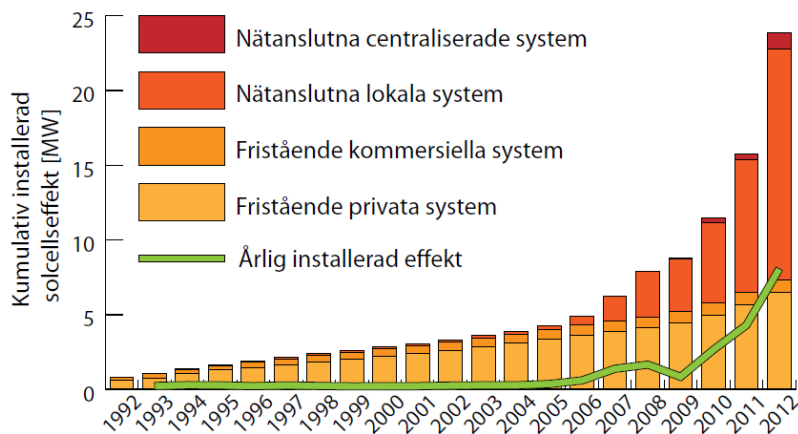


Figur 26. Marknadsutvecklingen för olika segment inom solvärme i Sverige

Installerad solcellskapacitet i Sverige

Källa: Johan Lindahl
IEA-PVPS task 1

Under 2012 installerades det totalt 8,1 MW solcellseffekt i Sverige, varav 0,8 MW var fristående system och 7,3 MW nätanslutna system. Den kumulativa installerade kapaciteten uppgår därmed till 23,8 MW, av vilket 7,3 MW är fristående och 16,5 MW nätanslutna system.



Figur 27. Marknadsutvecklingen för olika segment inom solex i Sverige

2.1.1 Solfångare

De solfångartyper som främst är aktuella för användning i svenska tillämpningar är plana oglasade eller glasade solfångare och vakuumsolfångare, se Figur 28 – Figur 30.



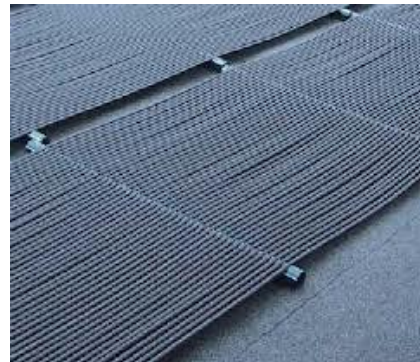
Figur 28. Installation med plana solfångare. Foto: Arcon/ ESTIF



Figur 29. Installation med vakuumsolfångare. Foto: Thermomax/ ESTIF



Figur 30. Enkla oglasade solfångare som består av en plast- eller gummiabsorbator i form av rör eller "mattor" med invändiga kanaler, bilden till höger, används mest för pooluppvärmning.



Tabell 5. Möjliga tillämpningar för solvärme och aktuella solfångartyper.

Tillämpning	Arbetstemperatur för solfångarna	Solfångartyp
Pooluppvärmning och/eller förvärmning av tappvarmvatten. Kombinationer med värmepumpar	Temp. < 30 °C	Enkla plana glasade eller oglasade solfångare
Tappvarmvatten- och/eller lokaluppvärmning, fjärrvärme	30 °C < Temp. < 90 °C	Högeffektiva plana glasade solfångare
Drift av kylmaskiner eller hetvattenproduktion, processvärme	Temp. > 90 °C	Högeffektiva vakuumsolfångare

Oglasade solfångare eller "poololfångare" är mycket enkla i sin konstruktion och erbjuder ofta god lönsamhet för pooluppvärmning jämfört med andra energilösningar. Den här solfångartypen lämpar sig också för enklare systemlösningar i kombination med värmepumpar där de kan ge ett bra tillskott på den kalla sidan. En nischprodukt för den senare tillämpningen är s.k. hybridsolfångare som är en solcellsmodul kompletterad med vätskekanaler för kylning. Genom att kyla solcellsmodulen kan dess verkningsgrad öka samtidigt som man kan nyttiggöra värmen, t.ex. tillsammans med en värmepump.

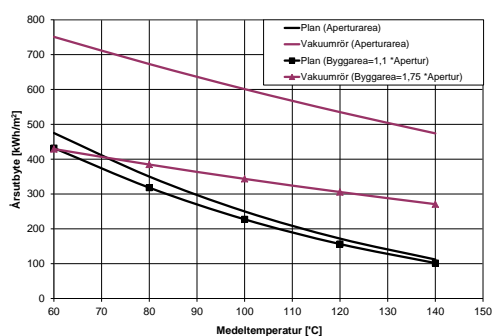
Plana glasade solfångare karaktäriseras av robust design och dokumenterat lång livslängd: 20-30 år med i stort sett bibehållen prestanda medan vakuumsolfångare av

den typ som är vanlig i Sverige i dag har en förhållandevis kort historia och en mer komplex design vilket sammantaget gör att livslängden är svår att förutsäga. Med avseende på ursprungsland så tillverkas de flesta plana solfångare i Europa och en del av dessa i Sverige. Så gott som alla vakuumrörsolfångare tillverkas i Kina.

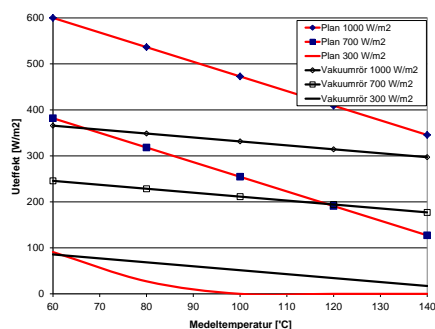
Luftolfångare har funnits sedan solvärmens barndom men har inte fått något genomslag. Tekniken befinner sig därför fortfarande i ett tidigt utvecklingsstadium och standardiserade produkter saknas varför de inte betraktas som ett alternativ i nuläget.

Gemensamt för alla typer av solfångare är att värmeförlusterna från dem ökar med stigande arbetstemperatur. Effekten och energiutbytet är med andra ord temperaturberoende. En viktig skillnad mellan plana solfångare och vakuumrörsolfångare är att värmeförlusterna för plana solfångare vid arbetstemperaturer över ca. 75 °C blir förhållandevis alltmer dominerande. Detta innebär att vakuumrören på årsbasis har betydligt bättre prestanda än plana solfångare vid temperaturer över 100 °C. Betraktar man momentana effektivvärden är förhållandet inte lika uttalat och vid temperaturer kring 50-60 °C är det först vid lägre instrålningsnivåer som vakuumrören gör sig gällande, se Figur 31 och Figur 32. En annan skillnad mellan de två solfångartyperna är att vakuumrörsolfångare på grund av geometrin utnyttjar snett infallande ljus mer effektivt än plana solfångare.

En annan skillnad mellan de två solfångartyperna som är viktig att förstå och ha kontroll på är att energiutbyte och avgiven effekt per kvadratmeter solfångare kan skilja sig stort mellan de olika typerna beroende på vilken referensarea man baserar siffrorna på. Detta hänger samman med hur aperturarea (ungefär ”ljusinsläppsarea”) och gross- eller byggarea (den area som solfångaren tar upp på taket) förhåller sig till varandra. Används aperturarea som referensarea så framstår vakuumrör som betydligt effektivare än plana solfångare, redan vid låga arbetstemperaturer. Byggarean är dock den referensarea som bör användas genomgående då pris och prestanda presenteras eftersom denna beskriver det verkliga utrymmeskravet för själva solfångarmodulerna. Till detta kommer sedan en viss yta som krävs för rördragningar mellan moduler, till tank/ värmeväxlare o.s.v.



Figur 31. Exempel på årliga energiutbyten för plana solfångare och vakuumrörsolfångare. Punktmarkerade kurvor beskriver energiutbyte baserat på byggarea vilket är den referensarea som skall användas vid projektering.



Figur 32. Avgiven värmeeffekt som funktion av medeltemperatur i solfångaren och instrålningsnivån för vakuumrör respektive plan solfångare (Exempel baserat på byggarea och vinkelrätt infall).

Schablonmässiga årsutbyten och effekter för solfångare enligt diagrammen ovan gäller för 45 graders lutning mot söder och inom 20-45 graders lutning från sydost till sydväst påverkas dessa utbyten i mycket liten omfattning. För större avvikelser behöver utbytet per kvadratmeter räknas ner.

I officiell statistik anges antingen antal kvadratmeter installerad solfångarearea eller installerad effekt. Den senare anges som termisk effekt med enheten W(th), alltså Watt,

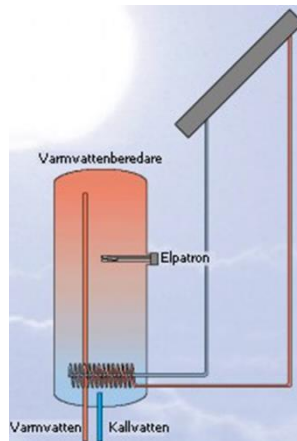
thermal. En allmänt vedertagen omräkningsfaktor är att 1 m² solfångare motsvarar 0,7 kW(th).

2.1.2 Tappvarmvattensystem

Den globalt sett helt dominerande tillämpningen för solvärme är uppvärmning av tappvarmvatten ”Domestic hot water” eller DHW systems och Kinas inhemska marknad dominerar med enkla så kallade termosifonsystem baserade på vakuumsör, se Figur 33.



Figur 33. Vakuumsörbaserat själv-cirkulationssystem, s.k. termosifonsystem

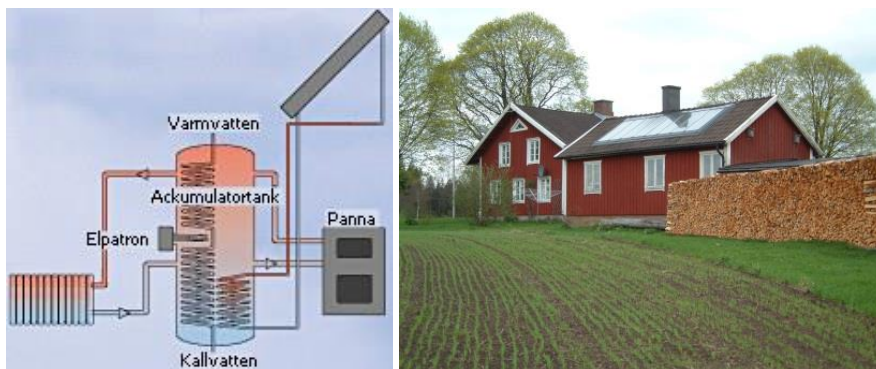


Figur 34. Princip för pump-cirkulerat system som bl.a. har fördelen att tanken kan placeras lägre än solfångaren

I Sydeuropa är samma typ av system vanligast, men då ofta baserade på plana solfångare. I central- och Nordeuropa domineras tappvarmvattensystemen av system med forcerad pump-cirkulation i den frostsäkrade glykol/vattenbaserade solfångarkretsen, se Figur 34. En elpatron står ofta för tillskottsvärmen under mulna dagar och under vinterhalvåret.

2.1.3 Kombisystem

Kombisystem kallas solvärmesystem som förutom att värma tappvarmvatten också bidrar till uppvärmning av t.ex. en byggnad. Kombisystem har kommit att bli allt vanligare i Central- och Nordeuropa och i Sverige har de alltid dominerat marknaden för små system. Solvärmens kombineras här oftast med en bioenergilösning, men kombinationer med enbart el, med fjärrvärme eller med värmepumpar förekommer också.



Figur 35. Kombisolvärmesystem

2.1.4 Solvärme i när- och fjärrvärmenät

Detta avsnitt har i allt väsentligt hämtat innehåll från rapporten ”Solvärme i Fjärrvärmesystem. En utvärdering av primärkopplade system” (Dalenbäck, Lennermo et al. 2013) och artikeln av Dalenbäck i EuroHeat&Power, 2013.

Sverige var tidigt ett föregångsland när det gäller forskning och demonstration kring solvärme i när- och fjärrvärmesystem. Under perioden 1982 till 1992 byggdes en serie av anläggningar som alla var större än vad man byggt i något annat land. Ändrade villkor för demonstrationsanläggningar, alltför höga kostnader och nedprioriterad forskning ledde dock till att utvecklingen stannade upp. I dagsläget kan solvärme som regel inte hävda sig ekonomiskt i dessa system i Sverige, men undantag förekommer. I Danmark har mycket av det know-how som en gång byggdes upp i Sverige tagits tillvara och solvärmen, som där istället konkurrerar med gaseldning, framstår ofta som ett lönsamt och klimatmässigt mycket attraktivt alternativ.



Figur 36. Centraliserade solvärmesystem kopplade till fjärrvärmenät har för närvarande en guldålder i Danmark.



Figur 37. Systemet i Jöns-Ols är ett exempel på en decentraliserad fjärrvärmelösning.

Solvärme kan integreras i fjärrvärmesystem antingen i form av centrala system eller som distribuerade system. Systemet kan oavsett integrationsform ägas av fjärrvärmeleverantören/ den traditionella producenten eller av användaren/ värmekonsumenten. Många av de tidiga svenska anläggningarna var centrala system ägda av leverantören men på senare tid har distribuerade och användarägda system blivit vanligare.

Två grundtyper av distribuerade system förekommer då solvärme kopplas samman med ett när- eller fjärrvärmenät: Primär- eller sekundärinkoppling. Sett från fjärrvärmeleverantörens sida kommer fjärrvärme till den aktuella fastigheten att minska under sommarmånaderna oavsett om kunderna bygger en egen anläggning i sekundärsystemet eller ansluter anläggningen direkt till fjärrvärmesystemet. Det senare fallet med en primärvärmekopplad anläggning kan dock öppna upp nya driftstrategier och affärsmöjligheter för fjärrvärmeleverantören, såväl i större som mindre fjärrvärmenät. Att kunna erbjuda alternativ med solvärme kan också vara ett sätt för fjärrvärmeleverantörerna att attrahera kunder som annars väljer egna värmelösningar som värmepump eller bioenergi, eventuellt kombinerat med solenergi.

2.1.4.1 Sekundärinkopplad anläggning

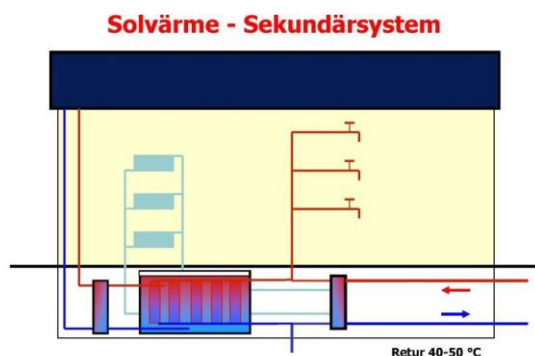
Redan 1985 uppförde Bostadsbolaget i Göteborg cirka 1 700 m² takintegrerade solfångare på två stora miljonprogramsbyggnader i Hammarkullen. Ett annat exempel från Göteborg är Gårdstensbostäder som i samband med takreovering installerat takelement med tillsammans cirka 1 400 m² integrerade solfångare på sex höghus under perioden 1999-

2004. Varje höghus har 230 m² solfångararea som förvärmer varmvatten i 80-talet lägenheter (cirka 3 m² solfångararea per m² lägenhetsarea), se Figur 38.



Figur 38. Montage av solfångarelement direkt på takstolarna i Gårdsten

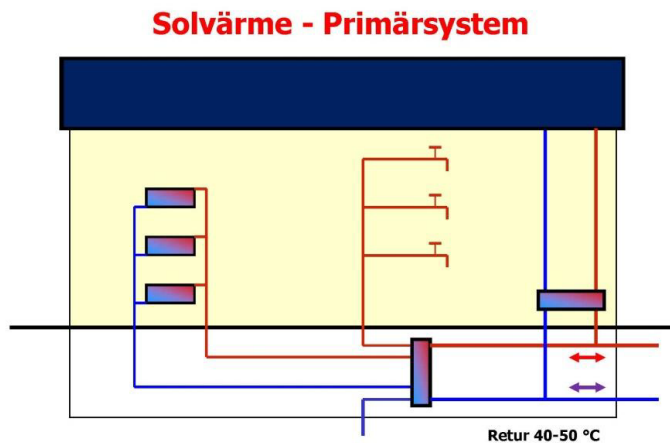
Den här typen av anläggning dimensioneras utgående från varmvattenbehovet i den undercentral där man ansluter anläggningen med en eller flera ackumulatortankar, värmeväxlare och övrig utrustning, se Figur 39. Då man dimensionerar för att täcka 30-40% av det årliga värmebehovet för varmvatten kan det årliga värmeutbytet från solvärmeanläggningen vara i storleksordningen 400 kWh/m².



Figur 39. Flerbostadshus med ett solvärmesystem för förvärmning av varmvatten i sekundärsystemet – Principskiss

2.1.4.2 Primärinkopplad anläggning

De primärinkopplade anläggningarna dimensioneras utgående från tillgänglig takarea (ibland fasadarea) och dimensionen på fjärrvärmeledningen till den aktuella byggnaden. Anläggningarna består förutom av solfångare, i huvudsak av en värmeväxlare (och övrig utrustning, pumpar, ventiler, mm) för överföring av solvärmens till fjärrvärmenätet. Det ger en enklare anläggning utan ackumulatortank, men kräver en mer avancerad styrning och leder till en högre arbetstemperatur i solfångarna (speciellt om fjärrvärmesystemet har hög returtemperatur). Detta gör att värmeutbytet oftast blir lägre än om anläggningen ansluts till byggnadens varmvattensystem. (Därutöver krävs ett avtal mellan fastighetsägaren och fjärrvärmeleverantören som reglerar hur inmatad solvärme från fastigheten hanteras i förhållande till köpt fjärrvärme till fastigheten.)



Figur 40. Flerbostadshus med ett solvärme-system (solfångare) kopplad direkt till fjärrvärmesystemet – Principskiss.

2.1.5 Solvärmedriven kyla

För värmedriven kyla kan flera processer drivas med så pass låga temperaturer som 60-120 °C varför en hel del forskning ägnats åt soldriven kyla. Komfortkyla är troligen den i raden av möjliga tillämpningar för solenergi där tillgång och efterfrågan tidsmässigt stämmer allra bäst överens. Detta sammantaget med en stadigt ökande efterfrågan på komfortkyla, för närvarande snabbast i Asien men även i Europa, gör att soldriven kyla börjar tilldra sig alltmer intresse. En översikt över området soldriven kyla ges t.ex. i (Kovács, Jardeby et al. 2009) och i (Fahlén, Grill et al. 2013) presenteras en mer generell förstudie om förnybar komfortkyla i kontorsfastigheter.

Tekniken, eller snarare systemkoncepten för solvärmedriven kyla är fortfarande mycket unga och det finns ännu stora möjligheter till förbättringar. I Sverige har solvärmedriven sorptiv kyla testats på kontorshuset Pennfåktaren i Stockholm som ägs av Vasakronan. Sammanfattningsvis visar båda dessa studier att soleldriven kyla (solceller och kompressorkyla) är överlägsen solvärmedriven kyla (sorptiv kyla eller absorptionskyla) ur både kostnads- och energieffektivitetssynpunkt och med hänsyn till enkelhet i drift och styrning.

2.2 Lagar, direktiv och styrmedel

Nedan sammanfattas de viktigaste EU-direktiv, statliga insatser m.m. som kommer att påverka utvecklingen av solenergiområdet i Sverige de kommande åren.

2.2.1 Eco-design och Energimärkning

Ecodesign- och Energimärkningsdirektiven 2009/125/EU och 2010/30 antas komma ha en pådrivande effekt så att solvärme kommer att integreras i fler små system för tappvarmvatten och i kombisystem. Det kommer också att introduceras minimikrav och energiklassning av ackumulatortankar (EC/814/2013 och EC/812/2013) vilket kommer att bidra till effektivare solvärme-system. Kraven på prestanda och märkningar trädde i kraft i oktober 2013 och kraven kommer att skärpas successivt under en femårsperiod. Den möjlighet till ”paketmärkning” som nu ingår i bestämmelserna välkomnas av solvärmebranschen i Europa. Det kommer dock att krävas stora informations- och utbildningsinsatser för att realisera den potential som ligger i detta eftersom ansvaret för att genomföra paketmärkningar till stor del kommer att ligga på installatörerna.

2.2.2 Boverkets Byggregler

BBR-kraven innebär sedan BBR 12 (2007) att solvärme eller solexel på eller i nära anslutning till byggnaden kan tillgodoräknas när byggnadens behov av köpt energi ska beräknas. Reglerna fungerar bra för solvärme eftersom den producerade värmen oftast till 100% kan antas bli nyttiggjord inom systemgränsen. För solexel däremot gäller att endast el som används i fastigheten kan tillgodoräknas och användningen gäller dessutom enbart driftel, alltså inte hushålls- eller verksamhetsel. Att inkludera hushålls- och verksamhetsel i systemgränsen skulle alltså ge en viss förbättring av möjligheten att kunna tillgodoräkna sig egenproducerad el. I den revidering som pågår inför 2014 finns dock ingenting som tyder på att solenergi kommer att ges ökat utrymme.

2.2.3 Direktivet om byggnaders energiprestanda EPBD

Direktiven 2002/91/EU och 2010/31/EU kommer indirekt att medverka till att solvärme beaktas i design av svenska byggnader. På grund av Sveriges implementering av direktivet definieras nu byggnaders energiprestanda som köpt energi. Det innebär att en fastighetsägare kan visa på bättre energiprestanda om han utnyttjar solenergi (dvs installerar solfångare eller solcellsmoduler) på sin fastighet.

2.2.4 Direktivet om förnybar energi (RES direktivet)

Förnybarhetsdirektivet (2009/28/EU, artikel 14.3 och 14.4) säger att ett system för certifiering av installatörer, eller motsvarande kvalifikationssystem inom bland annat solvärmeområdet, ska finnas tillgängligt i varje medlemsstat senast 2012-12-31. Detta kommer att innebära ett ökat fokus på solvärme från Boverket och Energimyndigheten i form av satsningar på information och utbildning vilket är positivt. Systemet blir dock frivilligt så det återstår att se vilken effekt det får i praktiken. Boverket har tilldelats ansvaret för detta system som beskrivs i BFS 2013:3 (Boverkets föreskrifter och allmänna råd om certifiering av vissa installatörer samt om ackreditering av organ för sådan certifiering) samtidigt som Energimyndigheten har fått ansvaret för informationsinsatser som man planerar under 2014. Föreskrifterna är daterade Mars 2013.

Svensk Solenergi etablerade redan under 2011 ett system för certifiering av solvärmeinstallatörer och har delvis lyckats lösa finansieringen av enskilda certifikat genom medlemskap i föreningen. Systemet bör relativt enkelt kunna harmoniseras med det som är under utarbetande av Boverket.

2.2.5 Energieffektiviseringsdirektivet och ekonomiskt stöd till solenergi

Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU) är inriktat på storskaliga lösningar för kyla, värme och elproduktion. Solvärme finns bara nämnt i förbigående i regeringens promemoria om förslag till genomförande av Energieffektiviseringsdirektivet i Sverige. Detta i samband med att man refererar till det nuvarande investeringsstödet till solceller och el/ värmehybridsolfångare. Där nämns även den pågående utredningen om nettodebitering av el från mikroproduktionsanläggningar som nyligen varit ute på remiss (SOU 2013:46 Beskattning av mikroproducerad el m.m.). Några ytterligare planer på direkta åtgärder som skulle kunna gynna solenergens framtida bidrag till Svensk värmeförsörjning går inte att spåra i detta pm.

Även för solvärme fanns under perioden 2000-2011 ett investeringsstöd i lite olika former. Sedan 2012 är det i stället möjligt att få ROT-avdrag med en schablon motsvarande 30% av den totala investeringen. Eftersom ROT endast kan utnyttjas av privatpersoner så har dock större solvärmeanläggningar blivit helt utan incitament sedan dess.

2.2.6 Märkningssystem

Idag finns en väl etablerad kvalitetsmärkning av solvärmeprodukter, den Europeiska Solar Keymark certifieringen (www.solarkeymark.org). Denna omfattar i dagsläget solfångare och små tappvarmvattensystem, men har helt nyligen öppnats upp för kombisystem och ackumulatortankar.



Märkningen förenklar handel med solvärmeprodukter inom Europa förutom att den fungerar som en tredjepartsgranskad konsumentgaranti för hållbarhet och prestanda. Planer finns f.n. på att utvidga certifieringen till en global märkning. Det statliga stöd till solvärme som togs bort i slutet av 2011 var villkorat till Solar Keymark certifierade solfångare.

CE-märkning av solfångare kommer sannolikt att träda i kraft från och med 2014 då en ny standard, harmoniserad till Byggproduktreglerna, publiceras.

2.3 Teknisk utveckling

Solvärmetekniken besitter en stor potential för att förse Europa med energi, men sedan ett par år går branschen kräftgång och man har haft svårt att hävda sig jämte solel-, bioenergi- och vindkraftsindustrierna.

I ett Europeiskt perspektiv är den årliga marknaden för solvärme ca 2-4 GW_{th} vilket motsvarar 3-5 miljoner m². Den huvudsakliga marknaden är småsystem i enfamiljshus där tappvarmvattensystem varit helt dominerande men där kombinerade system för tappvarmvatten och uppvärmning kommit att bli allt vanligare. Endast cirka en procent av marknaden utgörs av stora system (>350 kW_{th} eller 500 m²). Tillväxten är fortfarande snabbare för små system än för stora trots att det jämförelsevis finns ett antal fördelar med storskalig solvärme. Rapporten "Market for Solar District Heating" (Dalenbäck och Werner 2011) redovisar en uppskattning där solvärme år 2030 bedöms kunna stå för mellan 4-12% av det totala behovet av lågtemperaturvärme till varmvatten, uppvärmning och processvärme i Europa. Andelen solvärme i fjärrvärmenät bedöms kunna bli i samma storleksordning, men för att detta ska realiseras krävs förändrade marknadsvillkor. Vid "business as usual" det vill säga med dagens utbyggnadstakt kommer det inte att ske. Nya affärsmodeller baserade på kundernas val föreslås som en väg framåt för solvärme i stora fjärrvärmesystem som utnyttjar spillvärme eller avfallsförbränning

Prestandamässigt sett kan solfångarna i dag betraktas som färdigutvecklade, men det finns fortfarande behov av ytterligare standardisering och kostnadsänkningar. På systemsidan finns det fortfarande stort utrymme för tekniska förbättringar, framförallt för att åstadkomma effektivare installationer och därmed säkrare drift för små system och bättre styrning och övervakning av större system. Ett målområde för forskning och innovation som pekas ut i (Energy Efficient Buildings Association, 2012) är "smarta byggnadsskal som förmår anpassa energigenerering och lagring efter omgivningsförhållanden".

Att säkra en positiv utveckling handlar dock förutom om teknisk utveckling i lika hög grad om att utbilda och informera beställare, installatörer, konsulter och driftpersonal om förutsättningar, möjligheter och begränsningar. Att utveckla affärlösningar som möjliggör de långsiktiga investeringar som det är frågan om i solenergisammanhang är också en mycket angelägen uppgift.

2.3.1 Stora system

Installerad solvärmekapacitet i Europa har mer än fördubblats sedan 2007 och uppgår nu till cirka 28 GW(th), endast cirka 1% av den Europeiska solfångarmarknaden gäller storskalig solvärme. Detta segment har dock nästan tredubblats i omfattning sedan 2007.

Nuvarande utveckling av storskalig solvärme handlar främst om bostadsuppvärmning (i Sverige och Österrike ofta i kombination med biobränsleeldade anläggningar) och dygnslagring men det finns också t.ex. industriella tillämpningar och soldriven kyla i södra Europa. Svenska system är i dag främst baserade på distribuerade takmonterade solfångare. Eksta Bostads AB är en föregångare som sedan 1980 talet jobbat konsekvent med solvärme och bioenergi i sitt bostadsbestånd. Nu senast i Vallda Heberg där solvärme täcker cirka 40% av värmebehovet med hjälp av dygnslagring.

Danmark driver för närvarande utvecklingen av storskaliga solvärmelösningar och har byggt tre gånger så många anläggningar som europatvåan Österrike under perioden 2008-2013. I Danmark har låga gaspriser, låga räntor och låga elpriser som stundtals gör det olönsamt att köra mottryckskraft bidragit till en stark tillväxt av storskalig solvärme. Utvecklingen har inspirerat till Norges första storskaliga solvärmeanläggning hos Akershus energi. Danska stora solvärmesystem är i huvudsak markplacerade, kombinerade med kraftvärme i små fjärrvärmenät.

Danmark och Tyskland är också de två länder som arbetar aktivt med säsongslagring i kombination med solvärme. I Europa finns totalt cirka 20 solvärmeanläggningar kopplade till säsongslager. Dessa fördelas som: Vatten i isolerade tankar (8), markvärme/borrhål (7), akvifärer (2), kombination mark/vatten (2), vatten i grop (1).

En kombination av följande orsaker anges som avgörande hinder för en positiv utveckling av storskaligt utnyttjande av solvärme:

- billig värme genom utnyttjandet av spillvärme och avfallsförbränning
- avsaknaden av tvingande regelverk och/ eller ekonomiska incitament
- avsaknad av starka, kunniga aktörer
- höga investeringskostnader för solvärmen

Höga distributionstemperaturer i många fjärrvärmesystem anges också som ett avgörande problem för solvärmen eftersom energiutbytet från solfångare avtar med ökande temperatur (Dalenbäck och Werner 2011, revised 2012).

2.3.2 Små system

Som redan nämnts så krävs effektivare installationer och därmed säkrare drift för små system för att de ska kunna konkurrera med t.ex. värmepumpar eller fjärrvärme. I (Papillon P et al. 2011) konstateras att marknaden för små solvärmda kombisystem har en mycket stor potential men att ett skäl till att den inte infrias är att kvalitét och effektivitet



hos installerade system ofta visat sig vara lägre än förväntat. Effektivare installationer kan åstadkommas genom mer långtgående standardisering av t.ex. röranslutningar och montagesystem för solfångare och genom kompletta, väl integrerade systemlösningar. Detta kan i sin tur leda till radikalt sänkta kostnader. ”Enkelhet framför prestanda” kan sägas ha blivit vägledande efter många vällovliga försök med högeffektiva men komplicerade systemlösningar men branschen har fortfarande en ganska lång väg att gå.

En alternativ väg för småskalig värmeförsörjning med hjälp av solenergi som de senaste åren rönt allt mer intresse är kombinationen solceller och värmepump. I (Thygesen R, Karlsson B. 2011) och (Thygesen R, Karlsson B. 2013) redogörs för olika möjligheter att åstadkomma optimal lasttäckning och minimera behovet av köpt energi med en sådan kombination. Exempler gäller olika varianter på ett system med solceller och bergvärmepump där frihetsgraderna förenklat uttryckt gäller lutningen på solcellsmodulerna och i vilken grad elnätet kan utnyttjas som en ”lagringsresurs” för överskottsproduktion från solcellerna.

Följande slutsatser redovisas:

- Solcellssystem i kombination med värmepump ger högre andel tillförd solenergi än motsvarande solvärmesystem.
- Solcellssystemet bör utformas så att överskott undviks genom högre lutning på solcellsmodulerna vilka då ger högre täckningsgrad utan överskott
- I ett system med nettodebitering avgörs vad som är sparad eller exporterad elektrisk energi av avräkningsperiodens längd

2.4 Framtida marknads- och prisutveckling

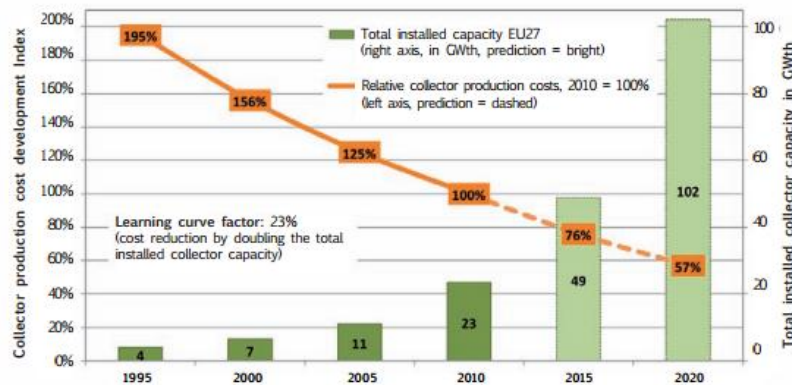
IEE-projektet Solar District Heating (www.solar-district-heating.eu) uppskattar att solvärme kommer att kunna stå för mellan 4 och 10% av den totala mängden fjärrvärme i Europa år 2030. Liknande scenarios för en längre tidshorisont presenteras bland annat i (Connolly, Vad Mathiesen et al. 2013). Viktiga barriärer som anges för förnybar värme i fjärrvärmenät är avsaknaden av policies och ökad användning av gas i användarägda anläggningar.

För att enas om forskningsprioriteringar för solvärmeområdet som helhet och för att få upp solvärme på EUs energiagenda etablerades tidigt en s.k. teknikplattform för solvärme i Europa. Denna samordnades så småningom med andra förnybara värme- och kylsystem till den s.k. RHC-plattformen. I en färsk rapport redovisar man bland annat forskningsprioriteringar och vägen framåt för att kunna åstadkomma nödvändiga prissänkningar (RHC, 2013). Att solvärmen ännu inte fått ett riktigt lyft i det Europeiska

energisystemet förklaras i huvudsak med två faktorer, förutom det faktum att konventionella bränslen i många fall faktiskt erbjuder bättre lönsamhet:

- Att priset på solvärme ses som ett och samma oavsett omständigheter som t.ex. installationsförutsättningar, tillgången på sol och priset på konkurrerande alternativ. Detta menar man gör att det finns en allmän uppfattning om att solvärmens inte är konkurrenskraftig trots att det finns tillämpningar där den helt klart är det.
- Att priset på solvärme ofta jämförs med dagens priser på fossila bränslen eller el. Antar man att dagens priser kommer att råda så är solvärmens inte konkurrenskraftig men om man antar att prisutvecklingen kommer att följa de senaste tio årens trend så blir väldigt många solvärmelösningar ekonomiskt intressanta.

En stor del av föreslagna forskningsprioriteringar handlar om att reducera solvärmens kostnader och förhoppningen är att systemkostnaderna ska kunna minska på samma sätt som kostnaderna för att tillverka solfångare enligt Figur 41. Kostnaden för solfångaren utgör dock bara en mindre del av totalkostnaden varför snabbare, enklare och felsäkra installationer är ett prioriterat område. Sammantaget tror man att kostnaderna ska kunna halveras fram till år 2020.



Figur 41. Den så kallade lärlinjen för tillverkningskostnaden på små solfångare

Hur ser framtiden ut för solvärmens användning i Sverige? En möjlig utveckling ges av Branschföreningen Svensk Solenergi som har som mål att vi i Sverige med rätt förutsättningar inom 10-20 år ska ha 4 TWh solvärme och 4 TWh solet. På längre sikt anser Svensk Solenergi det rimligt att täcka 10 % av vår värmeanvändning i bostäder och service med solvärme och 10 % av vår totala elanvändning med solet. Med vår nuvarande energianvändning blir det knappt 10 TWh solvärme och mer än 10 TWh solet. Med antagandet att vi bygger ut till 4 TWh solvärme och 4 TWh solet till 2030 kommer solenergi att ge i storleksordningen 8 000 arbetstillfällen 2030. Merparten av arbetstillfällena är relaterade till lokal försäljning och installation av anläggningar (Svensk Solenergi, 2013).

4 TWh solvärme motsvarar cirka 1 m² solfångare per innevånare – 2010 hade man installerat knappt 0,5 m² solfångare per innevånare i Österrike. 4 TWh solet motsvarar cirka 500 W per innevånare – 2011 hade man installerat 300 W per innevånare i Tyskland. Solenergi är det förnybara energilag som har högst energiutbyte per areaenhet, t.ex. i storleksordningen 50 gånger högre än bioenergi. Tillsammans kommer 4 TWh solvärme och 4 TWh solet att uppta en area i storleksordningen 50-100 km², vilket är väl inom vad som är tillgängligt i vår befintliga infrastruktur om man planerar för det.

2.5 Slutsatser

Solenergens framtida roll på den svenska värmemarknaden är svår att förutse. Ytterligare prissänkningar och effektivitetshöjningar är att vänta för såväl solvärme- som solelprodukter. I vilken omfattning det kommer att ske är dock mycket osäkert. Viktigt att inse i sammanhanget är att el från solceller kan komma att spela en viktig roll även i värmesammanhang. Detta främst genom kombinationslösningen solceller och värmepumpar vilket framstår som en allt tydligare konkurrent till små solvärmesystem. Något som ytterligare skulle kunna förstärka konkurrenskraften för dessa system, förutom en fortsatt positiv pris- och prestandautveckling på solelssystem, är högre elpriser eller utökade stödsystem.

Utvecklingen i Danmark har visat att oväntade systemeffekter kan förändra konkurrenskraften för solvärme radikalt. Kombinationen avfallsförbränning och mottryckskraft är i dagsläget dominerande och ”hindrar” användningen av solvärme i större fjärrvärmenät i Sverige och ingenting tyder på att detta kommer att förändras på kort eller medellång sikt. Kombinationen solvärme och bioenergi bör dock kunna ha framtiden för sig i närvärme- eller små fjärrvärmesystem.

3 Pellets

3.1 Bakgrund

3.1.1 Pellets, ett ungt bränsle

Pellets är idag ett etablerat bränsle som används både för enskild uppvärmning av småhus, uppvärmning av fastigheter och lokaler och för fjärrvärmeproduktion i mindre nät. Etableringen har skett under de senaste tjugo åren; före 1995 förekom pelletseldning endast i ett fåtal anläggningar. Det innebär att både teknik och marknad fortfarande är under utveckling, och ingendera kan anses helt ha nått en mogen och stabil nivå. Dock har en omfattande erfarenhet av pellets som uppvärmningskälla ackumulerats över tid, vilket kommer dagens användare till godo. Teknik och marknad både för utrustning och bränsle har professionaliserats på ett sätt som gör att situationen för den potentiella användaren är helt annorlunda än den var för tio år sedan.

Pellets består av torrt och finkornigt vedmaterial, ofta sågspån, som pressats samman till små cylindrar med diametern 6-8 mm. Det innebär att bränslet automatiskt kan matas in i pannan från ett förråd allt efter det aktuella värmebehovet. Till förrådet kommer det antingen med en bulkbil varifrån det blåses in, i säckar á 16 kg som levereras på pall eller eventuellt i storsäck. Utöver att möjligen bära in säckarna och tömma dem i förrådet är bränslehanteringen därmed automatisk.



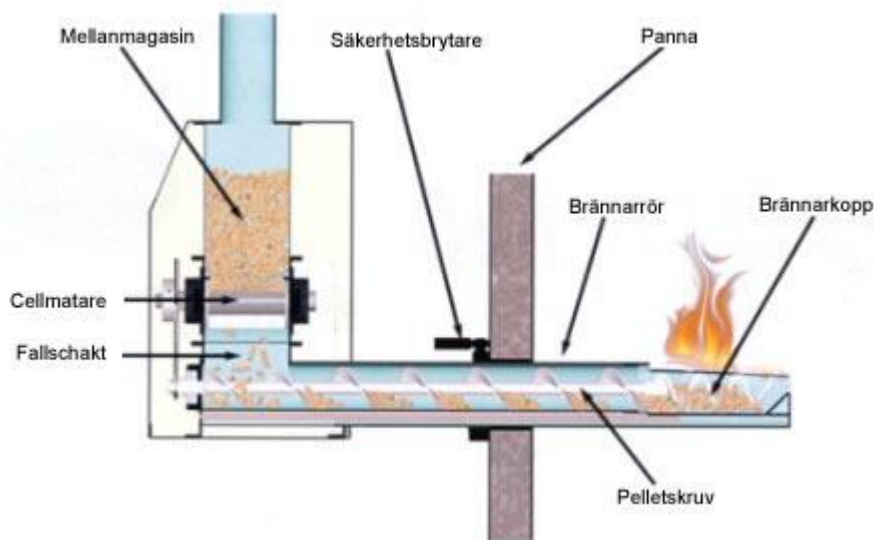
Figur 42. Pellets

Pellets har, jämfört med t.ex. ved, stora fördelar för användaren: det har en förhållandevis hög energitäthet, en jämn kvalitet och är lätt att hantera och transportera. Bränslet är relativt homogent i fråga om viktiga egenskaper som styckestorlek och fukthalt. Pellets eldas i antingen särskilda brännare som kan monteras t.ex. i den befintliga oljepannan eller i speciella pelletspannor. Om man har ett hus utan radiatorsystem, t.ex. med direktel, kan pellets eldas i en pelletskamin som placeras i husets bostadsdel.

3.1.2 Pelletsbrännare

Pelletsbrännaren är det enklaste och billigaste alternativet att övergå till pelletseldning för uppvärmning. Förutsättningen är dock att en panna, oftast oljepanna, finns installerad i huset och att denna är ansluten till ett radiatorsystem för distribution av värmen. Konverteringen sker helt enkelt genom att oljebrännaren byts ut mot en pelletsbrännare. I de allra flesta fall installeras någon form av pelletsförråd, varifrån bränslet hämtas till brännaren allt efter behov med hjälp av matningsskruvar. Vissa typer av pelletsbrännare

har ett inbyggt, mindre pelletsförråd som antingen kan fyllas på manuellt från säckar eller med automatiskt med hjälp av skruvar från ett större förråd.



Figur 43. Exempel på pelletsbrännare

För en fullgod funktion hos brännaren är det viktigt att den är anpassad till pannan. I första hand handlar det om eldstadsrummets storlek och form så att flaman hinner brinna ut utan att slå emot kylda väggar, vilket ger sämre förbränning och större utsläpp av bl.a. oförbrända kolväten och stoft. Det måste också i pannan finnas tillräckligt utrymme för den aska som bildas. Brännare och panna skall också vara avpassade till varandra effektmässigt så att pannan kan ta upp hela brännarens avgivna effekt utan att rökgastemperaturen blir för hög (eller för låg).

Pelletbrännare har hittills stått för den övervägande delen av de installationer för pelletseldning som gjorts i Sverige. T.o.m. 2007 hade ca 120 000 pelletsbrännare installerats i svenska pannor. Därefter har försäljningen avtagit, delvis som en följd av att antalet pannor som fortfarande eldas med olja är relativt litet och den återsäende potentialen är relativt liten. Ändå finns idag nästan tjugo modeller av brännare på marknaden.

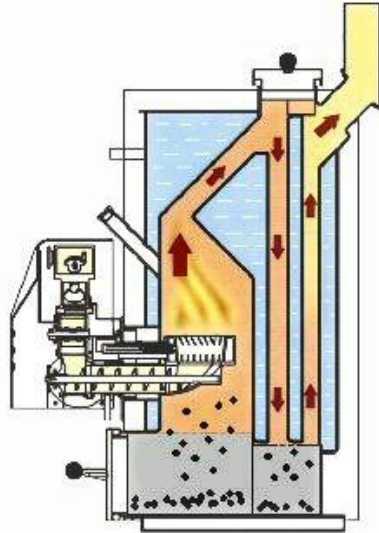
Det är värt att notera att pelletsbrännare som produkt för konvertering av oljepannor är en produkt som främst funnit sin marknad i Sverige. Den har i liten utsträckning kommit till användning på andra stora pelletsmarknader som Tyskland, Österrike etc. Produkten är dock i sig en central faktor för att så stor del av den enskilda oljeanvändningen i Sverige så tidigt ersattes med bioenergianvändning.

3.1.3 Pellets pannor

En pelletspanna är som namnet säger en panna speciellt och enbart avsedd för eldning av pellets. Det innebär att brännare och pannkropp är avpassade för varandra dimensions- och effektmässigt, och att brännaren är integrerad i pannkroppen på ett annat sätt än vad som är möjligt vid konvertering av en oljepanna. Normalt sett innebär detta att pannans fysiska storlek blir något mindre än för en konverterad oljepanna. Pannan kan i vissa fall ha ett mer avancerat styr- och reglersystem än en fristående brännare, som bl.a. kan innebära en bättre lastreglering över ett större område. Det kan också möjliggöra drift med lägre luftöverskott och lägre rökgastemperatur än i konverterad panna. I de flesta fall

är det dock en konventionell brännare som monterats i en panna, och styrningen är oftast den som sitter i brännaren.

Dessa faktorer tillsammans med det kompaktare byggnadssättet som är möjligt ger normalt en högre verkningsgrad och därmed lägre driftkostnader för specialpannan för pellets.



Figur 44. Exempel på pelletspanna

Ett flertal pelletspannor har automatisk askutmatning och även i vissa fall även automatisk sotning av pannans värmeöverförande ytor. Detta minskar behovet av skötsel och underhåll, dvs ökar bekvämligheten, och bidrar också till en högre verkningsgrad över tid.

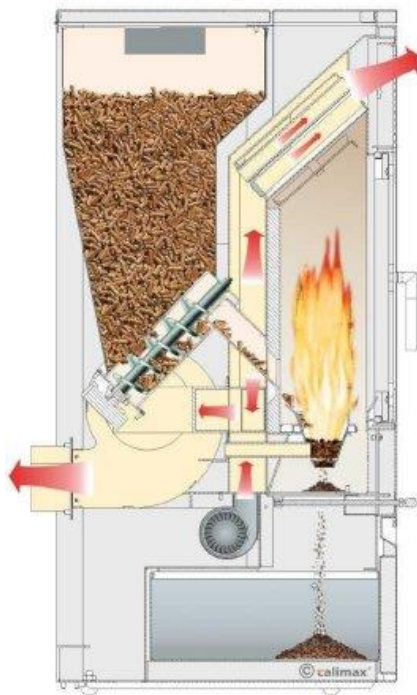
Pelletspannan är den produkt som dominerar på de flera större marknader för pelletsuppvärmning, och är i vissa länder den enda tillåtna panntypen för pelletseldning. På senare år har pelletspannorna ökat sin andel av utrustningsförsäljningen även i Sverige. Detta är förmodligen både en effekt av att befintliga oljepannor börjar bli uttjänta och att det inte är idé att konvertera dem, och att kravet på bekvämlighet och prestanda ökat. Mot detta står betydligt högre investeringskostnader som skall skrivas av.

3.1.4 Pelletskaminer

Pelletskaminen är den produkt som funnits längst på marknaden om man ser globalt. Redan på 1980-talet etablerades pelletskaminen som ett reellt uppvärmningsalternativ i USA, främst i vissa skogrika delstater. Faktorer som bidrog till detta var önskan om ett bekvämt alternativ till oljeuppvärmning, samt att luftburen värme är vanligare i USA än t.ex. i Sverige och dessutom billigare att installera.

Enstaka amerikanska pelletskaminer fann sin väg till Europa i slutet av 1980-talet men tekniken fick inget genomslag på denna kontinent. Däremot etablerades ett antal tillverkare i Europa, främst i Italien och Tyskland, som fann en marknad i USA. Senare har dessa tillverkare i viss utsträckning även etablerat en marknad i vissa delar av Europa.

Pellets-kaminen är automatisk i den bemärkelsen att bränslet automatiskt matas in till en brännare i eldstaden i den takt som värmebehovet kräver. Ett mindre pelletförråd är integrerat i kaminen, och detta behöver normalt sett fyllas på med ett intervall på 1-3 dagar beroende på effektbehov. Värmen som frigörs i kaminen överförs till rumsluften med hjälp av en inbyggd fläkt som normalt blåser ut varmluften fritt i uppställningsrummet för spridning. Det förekommer också lösningar med anslutna varmluftkanaler till andra rum för att bättre fördela den uppvärmda luften. Om sådana inte finns är en någorlunda öppen planlösning till fördel för spridningen av värmen. Det finns också modeller med vattenmantel och som därmed kan anslutas till ett raditorsystem, vilket givetvis underlättar värmespridningen.



Figur 45. Exempel på pellets-kamin

I Sverige har luftbaserade uppvärmningssystem inte varit så vanliga tidigare. Undantag är dock de direktvärmade småhus som byggdes i stora antal på 1970-och 80-talen. Pellets-kaminen har i Sverige åtminstone tidvis marknadsförts främst som ett ekonomiskt intressant alternativ för att konvertera direktvärmade hus till biobränsle på ett relativt enkelt sätt utan att behöva installera ett vattenburet distributionssystem. Genomslaget har dock varit begränsat, och pellets-kaminen har haft svårt att hävda sig mot värmepumpsalternativ för att minska kostnaderna. Tveksamheter hos potentiella användare mot hantering av pelletsbränsle i bostadsutrymmen vid påfyllning, mot arbetsinsatsen för påfyllning samt åtminstone tidigare mot störande ljud från kaminen har förmodligen motverkat genomslaget.

3.2 Lagar, direktiv och styrmedel

3.2.1 Boverkets Byggregler

Boverkets Byggregler innehåller regler för hur byggnader och dess installationer skall utföras. Vad gäller energihushållning och därmed sammanhängande krav på byggnad och därmed dimensionering av uppvärmningskällor, t.ex. pelletseldade pannor, hänvisas till redovisning i avsnitt 1.2.3. Här redovisas endast kort de krav som kan anses vara specifika för eldstäder i form av pannor och kaminer.

För eldstäder av olika slag regleras i första hand brandskydd och utsläpp till luft. Vad gäller utsläpp till luft från eldstäder för fasta bränslen så har kraven delvis sitt ursprung i tidigare Europastandarder. Boverkets byggregler har dock inte införlivat standardernas samtliga krav på utsläpp av olika ämnen. Idag ställer man endast krav på maximala utsläpp av organiska gasformiga ämnen, s.k. OGC. Detta är ett samlingsmått på mängden oförbrända kolväten som emitteras från förbränningen. Europastandarderna för pellets pannor resp. pellets kaminer ställer utöver detta krav på maximala utsläpp av stoft och kolmonoxid (CO). Tabell 6 sammanfattar utsläppskraven i Boverkets Byggregler för automatiskt eldade fastbränslepannor resp. kaminer, dvs. bl.a. pellets pannor resp. pellets kaminer.

Tabell 6. Utsläppskrav i Boverkets Byggregler

Produkttyp	Maximalt utsläpp
Pellets pannor, P < 50 kW	100 mg OGC/m ³ n torr gas vid 10 % O ₂
d:o, 50 < P < 300 kW	80 mg OGC/m ³ n torr gas vid 10 % O ₂
Pellets kaminer	0,04 % CO vid 13 % O ₂

3.2.2 Europastandarder

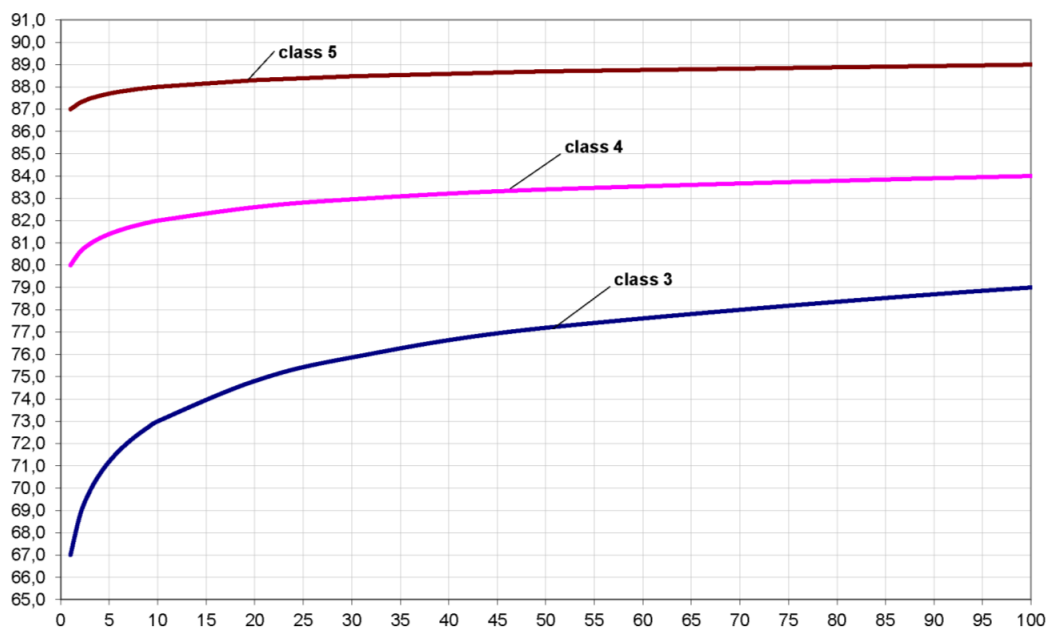
Som nämnts ovan finns det Europastandarder fastställda både för fastbränsleeldade varmvattenpannor, vilket inkluderar pellets pannor, och för automatiskt eldade kaminer för fasta bränslen, vilket inkluderar pellets kaminer. Den förra standarden, EN 303-5, som reviderats relativt nyligen och som fastställdes 2012, ställer krav på en rad områden. De viktigaste är följande: säkerhet, konstruktion, utsläpp och energieffektivitet. De krav som i första hand driver på utvecklingen och som skärptes avsevärt vid revisionen är utsläpps- och effektivitetskraven.

Tabell 7 sammanfattar kraven på maximala utsläpp för pellets pannor i EN 303-5. Tre olika klasser (klass 3, 4 och 5) med olika ambitionsnivåer finns i standarden. För svenskt vidkommande anses endast den strängaste klassen vara tänkbar. Kraven har dock ännu inte omsatts i svensk lagstiftning.

I Figur 46 åskådliggörs kraven på lägsta verkningsgrad för pannor inkl. pellets pannor i EN 303-5. I svensk lagstiftning finns för närvarande inget krav alls på verkningsgrad för biobränslepannor, men även här torde den strängaste klassen vara den som kan bli aktuell.

Tabell 7. Krav på maximala utsläpp för pelletspannor enligt EN 303-5

Nominell effekt, kW	Max CO-halt, mg/m ³ torr gas vid 10 % O ₂	Max OGC-halt, mg/m ³ torr gas vid 10 % O ₂	Max stofthalt, mg/m ³ torr gas vid 10 % O ₂	Min. verkningsgrad, %
	<i>Klass 3/4/5</i>	<i>Klass 3/4/5</i>	<i>Klass 3/4/5</i>	<i>Klass 3/4/5</i>
< 50	3 000/1000/500	100/30/20	150/60/40	
50 < P < 150	2 500/1000/500	80/30/20	150/60/40	
150 < P < 300	1 200/1000/500	80/30/20	150/60/40	



Figur 46. Krav på lägsta verkningsgrad för fastbränslepannor i EN 303-5. På x-axeln nominell effekt i kW, på y-axeln verkningsgrad i %

För pelletskaminer gäller Europastandarden EN 14785, som i likhet med pannstandarderna ställer krav på bl.a. utsläpp och verkningsgrad. I detta fall gäller samma krav inom hela storleksområdet som sträcker sig upp till 50 kW. Tabell 8 sammanställer kraven i EN 14785.

Tabell 8. Krav på utsläpp och energieffektivitet för pelletskaminer enligt EN 14785

Lastnivå	Max CO-halt, % vid 13 % O ₂	Max OGC-halt, xx	Max stofthalt, xx	Min. verkningsgrad, %
Maximal last	0,04	-	-	75
Dellast	0,06	-	-	70

3.2.3 Eco-design

Arbetet med att implementera Ecodesign-direktivet för fastbränsleeldade pannor och rumsvärmare, som EU-termen lyder, har pågått sedan år 2008. Ursprungligen behandlades båda produkttyperna inom den s.k. Lot 15, men under arbetet lyftes kaminerna över till Lot 20 som tidigare endast behandlat gas- och oljeeldade rumsvärmare samt element. Därmed accelererades processen för Lot 15, medan Lot 20 gavs lägre prioritet. Flera arbetsdokument har framlagts i olika skeden av Ecodesign-processen, och vitt skilda synpunkter på de olika förslagens ambitionsnivåer har framförts från olika håll.

För Lot 15 som inkluderar **pellets pannor** skickades under 2012 ut ett förslag ut för synpunkter före medlemsstaternas omröstning, som planerades till hösten 2013. Förslaget innefattade bl.a. krav på maximala utsläpp av CO, OGC och stoft samt minimikrav på årsmedelverkningsgrad. Kraven i förslaget var utformade som en trappa i tre steg som skulle börja gälla två, fyra resp. sex år efter beslut om ikraftträdande. De huvudsakliga kraven i förslaget sammanfattas i Tabell 9.

Tabell 9. Sammanfattning av krav på utsläpp och årsmedelverkningsgrad i arbetsdokument från EU-kommissionen våren 2013 gällande automatiskt eldade fastbränslepannor

	Årsmedelverkningsgrad	Utsläpp av CO	Utsläpp av OGC	Utsläpp av stoft
Pannor P < 70 kW				
- två år efter införande	86	3000 (<50 kW)	100	150
- fyra år efter införande	96	1000	30	60
- sex år efter införande	108	500	20	40
Pannor 70 < P < 500 kW				
- två år efter införande	93	2500 (50 < P < 150 kW) 1200 (P > 150 kW)	80	150
- fyra år efter införande	99	1000	30	60
- sex år efter införande	108	500	20	40

En analys som gjordes av hur aktuella pannor på den svenska marknaden skulle klara de föreslagna kraven kom till slutsatsen att samtliga pellets pannor som ingick i jämförelsen klarade effektivitetskraven efter fyra år, och två av dessa klarade även kraven efter sex år.. Vad gäller emissioner så skulle samtliga pannor klara samtliga utsläppskrav även efter sex år, med undantag av en panna som inte klarar kraven på dellast.

Avgörande för utfallet är att verkningsgraderna här beräknas med **övre** värmevärdet som bas, dvs det värmevärde som förutsätter att all vattenånga i rökgaserna kondenseras. Detta har hittills inte varit vedertaget för pannor och särskilt inte i Sverige, och medför att siffervärdet för verkningsgraden blir ca tio procentenheter **lägre** än enligt hittills använd definition. Å andra sidan multipliceras verkningsgraden för biobränsleeldade pannor i förslaget med en s.k. ”biomass conversion coefficient” som införs för att ”belöna” biobränslen för dess klimatfördelar. Denna hade i förslaget värdet 1.4, och hade därför stor inverkan på det slutliga värdet på årsmedelverkningsgraden.

Då det slutliga dokumentet inför medlemsstaternas omröstning skickades ut efter sommaren 2013 hade det dock en helt annan karaktär än det tidigare. Ambitionsnivån beträffande tillåtna utsläppsnivåer var avsevärt högre, och kraven skulle införas i ett steg fyra år efter beslut om ikraftträdande. Tabell 10 sammanfattar kraven i dokumentet för omröstning i september 2013.

Tabell 10. Sammanfattning av krav på utsläpp och årsmedelverkningsgrad i dokument från EU-kommissionen för omröstning hösten 2013 gällande fastbränslepannor.

Lägsta årsmedelverkningsgrad	
- pannor med avgiven effekt <20 kW	75 %
pannor med avgiven effekt >20 kW	77 %
Max. årsmedelutsläpp av:	
- OGC (organiska gasformiga ämnen)	10 mg/m ³
- CO (kolmonoxid)	300 mg/m ³
- NO _x (kväveoxider räknat som NO ₂)	200 mg/m ³
- stoft	20 mg/m ³

Motsvarande analys av hur aktuella pannor på den svenska marknaden skulle klara de nu föreslagna kraven kom till slutsatsen att utsläppskravet avseende stoft skulle vara mycket svårt att uppfylla. Endast en av tolv provade pannor uppfyllde detta krav. Däremot uppfyllde de flesta pelletspannor övriga utsläppskrav liksom kravet på årsmedelverkningsgrad.

Inför omröstningen pågick en febril aktivitet runt om i Europa för att säkra positioner inför mötet, och detta resulterade i att förslaget till implementering av Ecodesignkraven röstades ner. I skrivande stund (nov. 2013) är det därför helt oklart om, när och vilka Ecodesignkrav som kommer att ställas. Enligt initierade källor pågår dock intensivt arbete för att arbeta fram ett kompromissförslag som kan gå till ny omröstning inom överskådlig framtid.

För **pellets-kaminer** har ett arbetsdokument för Ecodesignkrav skickats ut för synpunkter under 2013. Tabell 11 sammanfattar kraven på maximala utsläpp och lägsta årsmedelverkningsgrad.

Tabell 11. Föreslagna krav på utsläpp och energieffektivitet för pellets-kaminer i arbetsdokument från EU-kommissionen sommaren 2013.

Årsmedelverkningsgrad	Utsläpp av CO	Utsläpp av OGC	Utsläpp av stoft
> 79%	<1500 mg/m ³ @13% O ₂	<40 mg/m ³ @13% O ₂	<20 mg/m ³ @13% O ₂

En analys som gjordes av hur aktuella pellets-kaminer på den svenska marknaden skulle klara de föreslagna kraven kom till slutsatsen att de hade goda möjligheter att uppfylla kraven avseende CO och OGC däremot kunde kravet på 20 mg stoft/m³@13% O₂ bli svårt att nå.

3.2.4 Energimärkning

För både fastbränsleeldade pannor och rumsvärmare har förslag till energimärkning utarbetats parallellt med processen för implementering av Ecodesignkrav. Processen har även här kommit längre för pannor än för rumsvärmare, och i september 2013 röstade medlemsländerna om ett slutligt förslag för energimärkning av fastbränsleeldade pannor inkl. pelletspannor. I motsats till Ecodesign-förslaget antogs energimärkningen, och den kommer att införas 1 januari 2016.

Energimärkningen för fastbränslepannor följer samma system som för övriga uppvärmningsanordningar, t.ex. olje- och gaspannor samt värmepumpar. Klassindelningen är densamma som för andra pannor. Beräkningen av ”Energy Efficiency Index” som verkningsgradsmåttet kallas här, sker dock på ett annat sätt än för t.ex. olje- och gaspannor, se bilaga 1.

Avgörande för utfallet är att verkningsgraderna här beräknas med **övre** värmeverdets som bas, dvs det värmevärde som förutsätter att all vattenånga i rökgaserna kondenseras. Detta har hittills inte varit vedertaget för pannor och särskilt inte i Sverige, och medför att siffervärdet för verkningsgraden blir ca tio procentenheter **lägre** än enligt hittills använd definition.

Beräkningar av Energy Efficiency Index för ett antal pellets pannor på den svenska marknaden visar att i stort sett alla produkter hamnar i klass A eller B. För att en panna skall hamna i klass A+ krävs med all sannolikhet att den arbetar med rökgaskondensering, vilket hittills i stort sett inte förekommit bland pellets pannor. En annan viktig slutsats är att det är fysikaliskt omöjligt att konstruera en ”ren” pellets panna eller annan panna som hamnar i energiklass A++ eller högre. Energimärkningssystemet torde alltså ha ett ganska begränsat värde som jämförelse av olika produkter inom t.ex. gruppen pellets pannor, men vara mer användbart som jämförelse mellan olika typer av uppvärmningssystem.

3.3 Teknisk utveckling

3.3.1 Pellets pannor

De flesta pellets pannor som säljs på den svenska marknaden idag består som ovan nämnts av en konventionell pellets brännare som monterats i en lämplig panna och som säljs om en enhet. Vinsten med detta är i första hand att panna och brännare är avpassade till varandra i fråga om effekt och geometrisk utformning, vilket bättre säkerställer en bra förbränning och driftsäkerhet. Det finns dock flera områden där potentialen hos pellets pannan som produkt ännu inte tagits tillvara fullt ut. Exempel på detta är utvecklade styr- och reglersystem, den fysiska integreringen av brännaren i pannans konstruktion samt optimeringen av värmeöverförande delar med hänsyn till t.ex. risk för eller utnyttjande av rökgaskondensering.

Det kan nog utan att vara orättvis sägas att de pellets pannor som säljs på vissa utländska marknader, t.ex. Tyskland och Österrike, i genomsnitt är mera tekniskt avancerade än de vanligaste på den svenska marknaden. Detta beror inte i första hand på skilda ambitionsnivåer hos tillverkare i de olika länderna utan främst på betalningsviljan hos konsumenterna. I Sverige är den genomsnittlige villaägaren inte villig att investera lika stora summor som t.ex. i de ovan nämnda länderna. Här spelar säkerligen olika nationella och/eller regionala investeringsstöd också en viktig roll.

Det tydligaste området för teknisk utveckling är styr- och reglersystemen hos pellets pannorna. Idag arbetar de flesta pannor som marknadsförs i Sverige med endast on/off-reglering för effektstyrning. I några fall finns två olika effektsteg som brännaren kan reglera mellan beroende på värmebehovet, men normalt är effekten på det lägre steget inte särskilt låg, kanske i storleksordningen 50 % av fullast. Detta innebär att även en sådan panna kommer att arbeta med on/off-reglering i ganska stor omfattning, eftersom effektbehovet är lägre än 50 % under en betydande del av tiden. Dessa enkla reglerprinciper innebär dels att genomströmningsförluster och förluster i oförbränt uppstår i onödigt hög utsträckning, dels att utsläppen av stoft och oförbrända kolväten blir högre vid start och stopp av brännaren.

Idag finns det givetvis stora möjligheter att styra både bränslematning och lufttillförsel oberoende i förhållande till lämplig insignal, t.ex. luftöverskott, panntemperatur eller rökgastemperatur. På så sätt kan t.ex. den avgivna effekten regleras steglöst ned till viss undre gräns där förbränningen inte längre kan hållas stabil av fysikaliska skäl. Likaså kan luftöverskottet hållas stabilt så att rökgasförlusterna minimeras samtidigt som utsläppen

minimeras. Denna typ av reglering innefattar normalt en s.k. lambdasond som kontinuerligt mäter syrehalten i rökgaserna på samma sätt som i en bil. Sådana sensorer har tidigare inte haft karakteristika som passar för användning i en fastbränslepanna, men detta har ändrat på senare tid. Tekniken är idag väl etablerad och funktionsstabil i vedpannor där förbränningsprocessen varierar avsevärt mer, och reglerbehovet därmed är större. I pelletspannor har tekniken ännu inte fått samma utbredning, men det finns ett antal pannor på marknaden främst i Tyskland och Österrike. Det finns också idag relativt billiga sensorer som mäter halten CO och/eller oförbrända kolväten, och som kan tänkas komma till användning. Sammanfattningsvis är en ganska kraftig utveckling på styr- och reglerområdet sannolik i framtiden, både avseende själva förbränningen och vad gäller effektstyrning som beror av olika parametrar. Detta förutsätter dock som alltid ett ekonomiskt utrymme som kan bära kostnaderna för utvecklingen.

Det andra tydliga utvecklingsområdet är strävan efter allt högre verkningsgrader, som enklast åstadkoms med hjälp av lägre rökgastemperaturer och därmed lägre rökgasförluster. I de flesta pannor är dock rökgastemperaturen idag så låg, ner mot 100 °C, att gränsen för kondensering av fuktinnehållet tangeras. Om inte motåtgärder vid installationen då vidtas, är risken för dyrbara vittrings- och frostsador i t.ex. murade skorstenar uppenbar. Ett bättre sätt är då att medvetet konstruera pannan med tillhörande skorsten för optimerad kondensation, vilket innebär att kylning av rökgaserna sker till så låg temperatur som möjligt. I praktiken innebär detta till ca 30-40 °C, eftersom returvattnet från radiatorsystemet är det kallaste mediet som normalt finns tillgängligt. Vid denna kylning faller rökgasens fuktinnehåll ut i form av kondensat, varvid förångningsvärmets i stort sett återvinns. Detta innebär en möjlig höjning av verkningsgraden med i storleksordningen 10 %.

Pelletspannor med rökgaskondensering börjar nu introduceras på marknaden i Europa i försiktig utsträckning. I Sverige har detta ännu inte blivit synligt. En faktor som åtminstone hittills försvårar en introduktion är främst kvittblivandet av kondensat till avloppet, som hittills i princip inte accepterats av kommunerna. En installation av en kondenserande panna kräver också att rökkanalen skyddas mot skador, antingen genom att en rostfri insatskanal monteras eller genom att en särskilt utformad skorsten i lämpligt material, t.ex. plast också installeras. Eftersom effektivitetsvinsten med rökgaskondensering är förhållandevis stor i förhållande till andra alternativ kan dock en märkbar utveckling på området förutses. Detta drivs inte minst på av kommande energimärknings- och troligen Ecodesignkrav på höga verkningsgrader.

3.3.2 Pelletskaminer

I princip kan samma utvecklingslinjer sägas vara aktuella för pelletskaminer som för pelletspannor. Bättre styr- och reglerteknik, högre verkningsgrad och lägre utsläpp är ledorden även här. För pelletskaminer tillkommer dock en begränsande faktor vad gäller ramarna för den tekniska utvecklingen, nämligen design- och utseendefrågor. En pelletskamin är normalt placerad i bostadens centrala delar och ofta i blickfånget. Detta ställer krav på en tilltalande design, som t.ex. omöjliggör en sluten eldstad där inte lågan syns, även om detta är till fördel för t.ex. låga utsläppsnivåer. Det är också tveksamt om pelletskaminen som produkt tål alltför avancerade tekniska lösningar ur ekonomisk synpunkt. Ett undantag är möjligen de kaminer som är försedd med vattenmantel och därmed är avsedd som en mer kontinuerlig uppvärmningskälla.

3.3.3 Kombinerade pellets- och solvärmesystem

Kombinerade pellets- och solvärmesystem har under lång tid väckt åtminstone principiellt intresse eftersom solvärmen är mest effektiv under de delar av året då pelletseldning är minst effektiv och ger störst utsläpp. Kombinationen är därmed tekniskt sett intressant, inte minst eftersom en ackumulatortank ingår i systemet vilket medger en flexibel drift av anläggningen. Hela energiförsörjningen blir också förnybar vilket kan bli mer och mer intressant i framtiden. Investeringskostnaden är ännu så länge dock relativt hög.

3.4 Bränslemarknaden

3.4.1 Den nationella marknaden tills nu

Under 1990-talet utvecklades den svenska pelletsmarknaden från i stort sett noll till att stå för en betydelsefull del av energibehovet för villauppvärmning. Sverige var på detta sätt ett pionjärland, och utvecklingen har fortsatt under 2000-talet. Fr.o.m. år 2008 har dock marknaden främst på villasidan stagnerat och t.o.m. minskat. Tabell 12 visar sålda mängder pellets totalt och till villamarknaden under perioden 1997 - 2012.

Tabell 12. Pelletsförsäljningen år 1997 - 2012 totalt och för villamarknaden. Källa Pelletsförbundets hemsida, 2013-11-13.

År	Total utleverans (ton)	Leverans till villamarknaden (ton)
1997	493 793	39 000
1998	536 318	58 000
1999	630 648	81 000
2000	686 032	80 000
2001	906 283	150 000
2002	902 338	235 000
2003	1 128 752	297 000
2004	1 236 512	345 000
2005	1 473 000	458 000
2006	1 679 000	609 000
2007	1 715 000	635 000
2008	1 850 000	680 000
2009	1 918 000	695 000
2010	2 280 000	785 000
2011	1 882 500	549 500
2012	1 699 800	524 000

Framväxten av den svenska pelletsmarknaden berodde på flera faktorer. En viktig sådan är sågverksindustrins behov av att finna avsättning för biprodukten sågspån och att helst kunna utnyttja denna som en ytterligare inkomstkälla för verksamheten. Därför uppfördes många av pelletsfabrikerna i anslutning till sågverk och annan skogsanknuten industri. Idag ägs fortfarande en del fabriker av sådana företag, men andra aktörer har tillkommit såsom energibolag, lantbrukskooperativa och helt fristående företag som endast sysslar med bränsleproduktion.

Sågspån är en utomordentlig råvara för tillverkning av bränslepellets. Askhalten är låg, råvaran behöver inte processas förutom viss torkning och med en lämplig tillverkningsprocess åstadkoms hållfast och energität pellets utan tillsatser av bindemedel. Tillgången på sågspån beror dock givetvis på hur mycket timmer som sågas, och det finns alternativa användningsområden med god betalningsförmåga, t.ex. som strö och som råvara för skivtillverkning. Då pelletsproduktionen växte snabbt i början och mitten av 2000-talet aktualiserades därför frågan om framtida tillgång och prisnivåer för sågspån.

Stora FoU-insatser för att möjliggöra tillverkning av pellets från andra och billigare råvaror som t.ex. grot (grenar och toppar från hyggen), massaved av sämre kvalitet liksom halm har därför initierats men ännu inte fått genomslag.

Som framgår av Tabell 12 så avstannade pelletsmarknadens ökning i slutet av 2000-talet och har därefter minskat. Hur mycket som beror på förändringar i användarmönster och kraftigt minskat antal nyinstallationer resp. de olika vintrarnas medeltemperaturer är svårt att avgöra exakt. En försiktig slutsats är dock att villamarknadens behov planat ut dels på grund av ett kraftigt minskat antal nyinstallationer, dels på grund av att en del gamla pannor som konverterats till pellets genom installation av en pelletsbrännare tagits ur drift av åldersskäl. En faktor som också kan ha viss betydelse är att pelletspannor tagits ur bruk av "arbetsskäl", dvs att användaren inte längre anser sig ha tid eller ork att sköta bränslehantering, skötsel och underhåll av pelletspannan.

En rimlig slutsats är att så länge omvärldsfaktorerna inte ändras på ett avgörande sätt så kommer villamarknaden för pellets i vart fall inte att öka dramatiskt. Värmepumpar är en svår konkurrent vid ny- och utbytesinstallationer, inte minst ur arbetssynpunkt, vilket kanske blir allt viktigare. Om däremot elpriset skulle höjas markant finns potential för en betydligt större pelletsanvändning i villasegmentet.

3.4.2 Internationalisering

Under de allra senaste åren har både en internationalisering och en kraftfull tillväxt av marknaden för bränslepellets varit mycket tydlig. Idag importeras pellets till Sverige både från närområdet, t.ex. Baltikum, Ryssland och Danmark, men även mer långväga ifrån som t.ex. Kanada och USA. Både i Nord- och Sydamerika samt i Ryssland sker nu en extremt kraftig uppbyggnad av produktionskapacitet, i flera fall i form av enheter med en produktionskapacitet på upp mot 1 miljon ton/år, dvs halva Sveriges nuvarande förbrukning.

Idag uppgår den globala pelletsanvändningen till ca 20 Mton/år. År 2011 förbrukade villamarknaden i Europas ca 9 Mton. Italien (1,9 Mton) och Tyskland (1,4 Mton) var de största marknaderna. En aktuell, väl underbyggd prognos förutspår att denna år 2020 kommer att vara drygt 55 Mton/år, dvs nära en tredubbling av förbrukningen. Drygt 20 Mton kommer att förbrukas på villamarknaden, och 35 Mton av industriella användare. Det säger sig självt att en sådan kraftig tillväxt kommer att påverka den svenska hemmamarknaden avsevärt, men exakt hur är svårt att förutspå.

Den starka utbyggnaden av produktionskapacitet drivs i första hand inte av nationella villamarknaders behov utan av stora industri- och energiproducenters behov av att ersätta kol och olja med biobränsle för att minska CO₂-utsläppen. Ofta handlar det om s.k. co-firing, dvs fossila bränslen och biobränslen sameldas i större kraftverk, vilket ger dels lägre utsläpp av både CO₂, svavel- och kväveoxider, dels en någorlunda bibehållen produktionskapacitet. Ett stort antal sådana anläggningar planeras både i Europa, USA och övriga världen de närmaste åren, och detta kommer att driva upp den internationella efterfrågan på bränslepellets mångfald. Det har också visat sig att kostnaden för båttransport av pellets är relativt sett mycket låg, och att därför interkontinental handel mellan producenter i t.ex. Nord- och Sydamerika och Ryssland och konsumenter i t.ex. Europa och Ostasien är mycket konkurrenskraftig.

3.4.3 Småskalig och storskalig användning

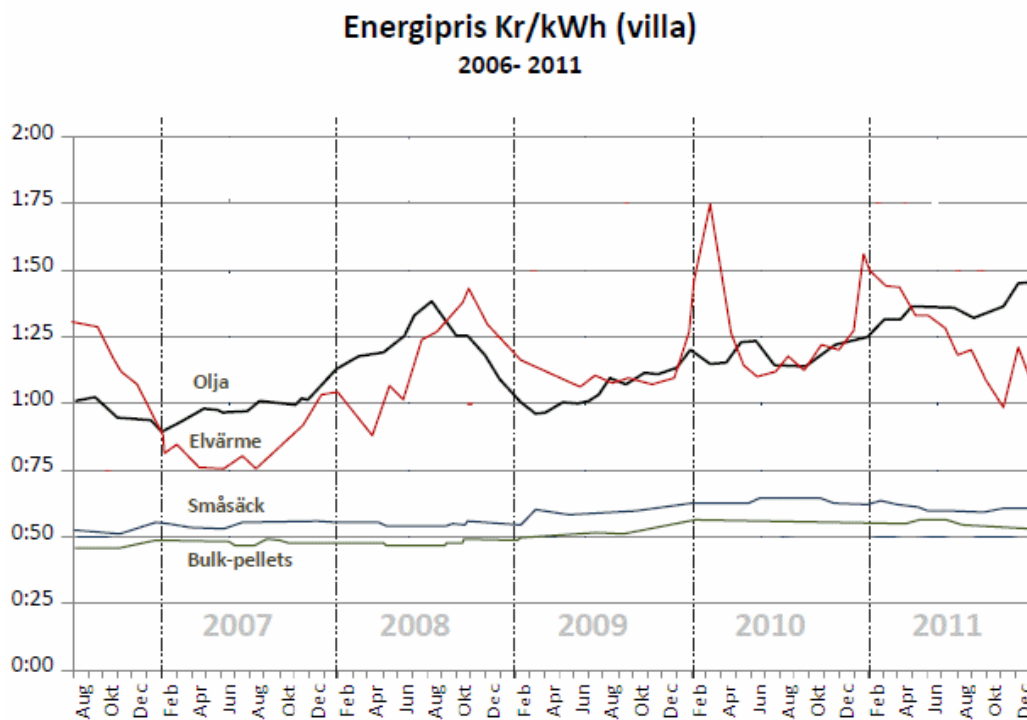
De stora kraftverken kan använda pellets av lägre kvalitet, t.ex. med avsevärt högre askhalt och lägre hållfasthet, än vad villapannor kan. Pelletsformen är i detta fall mer en lämplig transportförpackning med hög densitet och jämn, låg fukthalt än nödvändig för användningen. Oftast mals pelletsen till träpulver direkt före inblåsningen till pannans förbränningsrum. Det innebär att ett brett spektrum av råvaror med olika ursprung kan komma i fråga, och att trycket på högkvalitativa råvaror som sågspån kan komma att minska.

Pellets till villamarknaden levereras i Sverige normalt i småsäck à 16 kg, någon gång i storsäck à 600 kg eller i bulkbil för inblåsning till ett lager i anlutning till pannrummet eller motsvarande. Pellets till storförbrukare levereras naturligt nog i bulk, allra helst per båt direkt till förbrukaren om detta är möjligt. Transport – och hanteringskostnaden är därmed avsevärt lägre vid storskalig användning än vid leverans för villaanvändning.

Totalt sett kan en utveckling skönjas där utbudet av träpellets av olika ursprung och kvalitet ökar kraftigt, och där de stora förbrukarna helt väljer leverantörer efter pris. Det är möjligt eftersom förbränningsutrustningen i stora anläggningar klarar både lägre och mer varierande bränslekvalitet. Detta innebär att tillgången på bättre råvara, som krävs för tillverkning av villapellets, blir större och att även villamarknaden på sikt kan öka om andra faktorer tillåter det.

3.4.4 Framtida marknads- och prisutveckling

Hittills har pelletspriset varit relativt konstant under en följd av år. Figur 47 åskådliggör detta för åren 2006-2011.



Tvårt emot vad många anser är pelletspriset både konkurrenskraftigt och stabilt

Källa: www.afabinfo.com

Figur 47. Pelletsprisindex för åren 2006 – 2011

Den framtida marknads- och prisutvecklingen för pelletsbaserad uppvärmning beror givetvis som ovan nämnts av en rad faktorer. Följande kan sägas vara de viktigaste:

- elpriset
- pelletspriset
- krav på utsläpp och verkningsgrad för pannor etc.
- investeringskostnader för pannor, kaminer etc.
- ev. stimulansåtgärder för övergång till bioenergi
- behov av skötsel och tillsyn för utrustningen

I nuläget är det svårt att förutse någon betydande ökning av pelletsanvändningen för enskild uppvärmning i Sverige. Det i internationell jämförelse låga elpriset medför att värmepumpen är en mycket svår konkurrent till pelletseldningen. Det större skötsel- och tillsynsbehovet för en pelletspanna jämfört med en värmepump är också en försvårande faktor.

Om kommande Ecodesignkrav på utsläpp och energieffektivitet blir avsevärt högre än dagens krav, så kommer detta att medföra klart ökande kostnader för utrustningen. Storleksordningar på minst 10 000 SEK för en pelletspanna har nämnts i samband med kraven i det kommissionsförslag som röstades om hösten 2013. Det är inte omöjligt att ännu större kostnadsökningar kan komma att bli resultatet av stränga Ecodesignkrav.

För att en signifikant ökning av pelletsanvändningen för villauppvärmningen skall komma till stånd måste förmodligen elpriset stiga väsentligt jämfört med pelletspriset. Även om utbudet av bra råvara för villapellets skulle öka väsentligt av ovan nämnda skäl, så blir påverkan på pelletspriset inte så stor. Slutsatsen är då att endast ett klart högre elpris kan åstadkomma en avsevärt större pelletsanvändning.

3.5 Slutsatser

Sammanfattningsvis kan följande konstateras:

- försäljningen av pellets för villauppvärmning har planat ut och minskat under början av 2010-talet
- försäljningen av pelletsbrännare har minskat radikalt sedan toppåren 2006-2007
- viss försäljning av pelletspannor och pelletskaminer pågår
- pelletspriserna har varit stabila under ett antal år
- kommande Ecodesignkrav på pelletspannor etc. i fråga om utsläpp och energieffektivitet kan förmodas bli ganska ambitiösa, vilket medför märkbara prishöjningar
- signifikanta tekniska förbättringar i fråga om t.ex. styr- och reglerteknik, lägre utsläpp och högre verkningsgrad med hjälp av t.ex. rökgaskondensering och extern rökgasrening är i olika utvecklingskedan på väg in på marknaden
- pelletspriserna har varit stabila under ett antal år
- världsmarknaden för pellets växer mycket kraftigt och utvecklas mot en handelsvara på samma sätt som kol och olja
- denna utveckling drivs av stora industrier och kraftbolags efterfrågan på biobränsle som enkelt kan ersätta eller eldas tillsammans med kol och olja
- de stora förbrukarna kan utnyttja sämre pelletskvaliteter än villamarknaden vilket på sikt kan frigöra mer prima råvara för villapellets och möjligen därmed hålla tillbaka prisutvecklingen
- den största stimulansen för ökad pelletsanvändning skulle vara ett långsiktigt märkbart högre elpris.

Den mycket långsiktiga utvecklingen torde dock oavsett mer kortsiktiga faktorer gå mot en allt större användning av klimatvänlig bioenergi.

4 Referenser

- Boverket (2013). Boverkets Byggregler. Karlskrona, Sweden, Boverket.
- Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2050, Department of Development and Planning, Aalborg University.
- Dalenbäck, J.-O., et al. (2013). Solvärme i fjärrvärmesystem - utvärdering av primärkopplade system, Fjärrsyn.
- Dalenbäck, J.-O. and S. Werner (2011, revised 2012). Solar District Heating - Boundary conditions and market obstacles. Göteborg, CIT Energy Management.
- Dalenbäck, J.-O. and S. Werner (2011, revised 2012). Solar District Heating - Market for solar district heating, CIT Energy Management.
- Dalenbäck, J.-O. (2013). EuroHeat&Power English edition. Vol. 10 III/2013
- Danfoss (2012). Design an HVAC system like no other. FRCC.PB.023.A3.22
- Emerson Climate Technologies (2012). R410A Variable Speed Scroll and Inverter Drive. DSC105-EN-1203
- Energimyndigheten (2010). Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergibygnader, Statens Energimyndighet
- Energy Efficient Buildings Association, (2012). E2B Energy efficient Buildings PPP beyond 2013 - Research & Innovation roadmap
- Fahlén, E., et al. (2013). Kylteknik och förnybar energi i kontorshus - en förstudie. Göteborg, NCC/SBUF.
- Fahlén, P. and F. Karlsson (2003). Improving efficiency of hydronic heat pump heating systems. 21st International Congress of Refrigeration, Washington, USA.
- Fernando, P., et al. (2004). "Propane heat pump with low refrigerant charge: design and laboratory tests." International journal of refrigeration **27**(7): 761-773.
- Filipsson, P., et al. (2011). Konsekvensanalys av NNE-krav för befintliga flerbostadshus, CIT Energy Management.
- Forsén, M. (2013). Presentation SVEPs årsmöte 2013-05-24. <http://www.svepinfo.se/filarkiv/arsmote-2013/>, SVEP.
- Hamberg, L. (2013). Högtemperaturvärmepumpar inom livsmedelsindustrin. <http://www.kvforetagen.se/index.php3?use=publisher&id=539>.
- Karlsson, F. (2007). Capacity control of residential heat pump heating systems. Thesis Göteborg, Sweden, Chalmers University of Technology.
- Kovács, P., et al. (2009). Konkurrenskraftig soldriven komfortkyla, Fjärrsyn.
- Palm, B. (2008). "Hydrocarbons as refrigerants in small heat pump and refrigeration systems – A review." International journal of refrigeration **31**: 552-563.

Papillon P et al. (2011). Whole system testing the efficient way to test and improve solar combisystems performance and quality. ESTEC 2011.

RHC Renewable Heating and Cooling, European Technology Platform, (2013). Strategic Research Priorities for Solar Thermal Technology. www.rhc-platform.org/

Ruud, S. (2010). Economic heating systems for low energy buildings - Calculation, comparison and evaluation of different system solutions. Borås, Sweden, SP Technical Research Institute of Sweden

Sanner, B. (2009). Geothermal heat pumps - Ground source heat pumps, European Geothermal Energy Council.

SIS (2013). SS-EN 14825:2013 - Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling – Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance.

Svensk Solenergi, (2013). Solenergi i Sverige. Ett så långt möjligt faktabaserat PM för politiker och tjänstemän inom energiområdet. Mars 2013. Ver10 - 14mars2013

Thygesen R, Karlsson B. (2011). Energisystem för Nollenergihus. Presentation på Solelprogrammets seminarium 9-10 November 2011

Thygesen R, Karlsson B. (2013). "Economic and energy analysis of three solar assisted heat pump systems in near zero energy buildings." Energy and Buildings **66**:77–87

Vanhoudt, D., et al. (2011). "An aquifer thermal storage system in a Belgian hospital: Long-term experimental evaluation of energy and cost savings." Energy and buildings **43**(12): 3657-3665.

Winiger, S., et al. (2013). Energy and efficiency analysis of heat pump systems in non-residential buildings by means of long-term measurements. Clima 2013, Prague, Czech Republic.

5 Bilaga 1

5.1 Direktiv och lagar för värmepumpar

5.1.1 Eco-design och Energimärkning

Värmepumpar påverkas av flera olika delar av Eco-designdirektivet samt Energimärkningsdirektivet. De viktigaste är regelverket för pannor (EC/813/2013 och EC/811/2013), varmvattenberedare (EC/814/2013 och EC/812/2013) och luftkonditionering (EC/206/2012 och EC/626/2011). Regelverket för pannor berör de värmepumpar som avger värmen till ett vattenburet värmesystem och de som kan värma tappvarmvatten berörs av reglerna för varmvattenberedare. De så kallade luft-luftvärmepumparna faller inom kategorin luftkonditionering.

5.1.1.1 Luft-luftvärmepumpar

Eco-designdirektivet gäller för värmepumpar med en nominell kapacitet under 12 kW värmeeffekt. Kravet ställs på energieffektivitet och mäts med vad som i direktivet kallas ”säsongsvärmefaktor” - SCOP. Denna säsongsvärmefaktor beräknas för ett medelklimat inom EU. Om inte produkten uppfyller kraven på energieffektivitet och ljud, se Tabell 13 - Tabell 15, får den inte säljas inom EU. Kraven skiljer sig åt beroende på vilket köldmedium som används.

Som ett kompletterande direktiv ligger Energimärkningsdirektivet, vilket styr den energimärkningsklass produkten får, se Tabell 16. Enligt direktivet är det endast värmepumpar i klass A som får säljas efter 1 januari 2014.

I Figur 8 visas COP vid driftpunkten +2 °C utomhus och 50 % kapacitet för värmepumpar utvärderade på Energimyndighetens uppdrag under åren 2009-2012 tillsammans med gränserna för eco-design och energimärkning. Genom att studera varaktighetskurvan för ”Average”-klimatet samt värmepumparnas kapacitetskurvor kan följande slutsats dras: I det provprogram som använts för de värmepumpar vars resultat har publicerats på Energimyndighetens hemsida är det provpunkten vid en utomhustemperatur på +2°C och en avgiven kapacitet på 50% av dess maxkapacitet vid samma utomhustemperatur som bäst borde överensstämma med det beräknade SCOP-värdet för detta klimat om en bivalent temperatur på -7°C antas (bivalentstemperaturen anger den utomhustemperatur vid vilken värmepumpen inte längre klarar av att självt avge den värmeeffekt huset behöver. Valbart i standarden EN 14825).

Tabell 13. Energieffektivitetskrav från 1 Januari 2013

Minimikrav på energieffektivitet		
	Säsongsköldfaktor (SEER)	Säsongsvärmefaktor (SCOP) (genomsnittlig uppvärmningssäsong)
Om köldmediets GWP > 150	3,60	3,40
Om köldmediets GWP < 150	3,24	3,06

Tabell 14. Ljudkrav från 1 Januari 2013

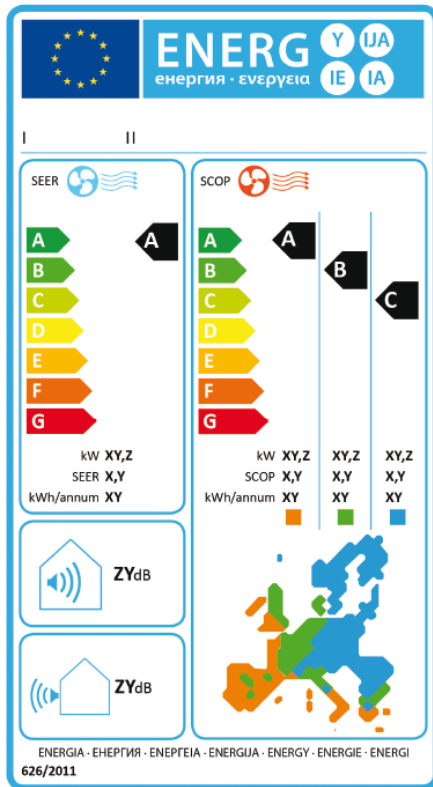
Krav på högsta ljudeffektnivå			
Nominell kapacitet ≤ 6 kW		6 < Nominell kapacitet ≤ 12 kW	
Ljudeffektnivå inomhus i dB(A)	Ljudeffektnivå utomhus i dB(A)	Ljudeffektnivå inomhus i dB(A)	Ljudeffektnivå utomhus i dB(A)
60	65	65	70

Tabell 15. Energieffektivitetskrav från 1 Januari 2014

	Luftkonditioneringsapparater, utom enhetsaggregat med en eller två kanaler	
	Säsongsköldfaktor (SEER)	Säsongsvärmefaktor (SCOP) (uppvärmningssäsong: genomsnitt)
Om köldmediets GWP > 150 för < 6 kW	4,60	3,80
Om köldmediets GWP ≤ 150 för < 6 kW	4,14	3,42
Om köldmediets GWP > 150 för 6–12 kW	4,30	3,80
Om köldmediets GWP ≤ 150 för 6–12 kW	3,87	3,42

Tabell 16. De olika energieffektivitetsklasserna i energimärkningsdirektivet för luft-luft-värmepumpar

Energieffektivitetsklass	SEER	SCOP
A+++	SEER > 8,50	SCOP > 5,10
A++	6,10 \leq SEER < 8,50	4,60 \leq SCOP < 5,10
A+	5,60 \leq SEER < 6,10	4,00 \leq SCOP < 4,60
A	5,10 \leq SEER < 5,60	3,40 \leq SCOP < 4,00
B	4,60 \leq SEER < 5,10	3,10 \leq SCOP < 3,40
C	4,10 \leq SEER < 4,60	2,80 \leq SCOP < 3,10
D	3,60 \leq SEER < 4,10	2,50 \leq SCOP < 2,80
E	3,10 \leq SEER < 3,60	2,20 \leq SCOP < 2,50
F	2,60 \leq SEER < 3,10	1,90 \leq SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90



Figur 48. Exempel på den etikett som visar energiklass mm, som ska finnas på alla luft-luftvärmepumpar.

5.1.1.2 Bergvärmepumpar

I begreppet bergvärme inkluderas även markvärme och sjövärme. Dessa värmepumpar faller under Eco-designkrav och Energimärkningskrav som gäller för pannor (EC/813/2013 och EC/811/2013) med en kapacitet av 400 kW eller mindre. Kraven ställs här på ”säsongsbunden energieffektivitet vid rumsuppvärmning” – η_s , samt i tillämpliga fall på ”energieffektiviteten vid uppvärmning av vatten” – η_{wh} . Kraven träder i kraft i två steg enligt Tabell 17 - Tabell 20 nedan. Belastningsprofilerna är olika tappningsmönster som relaterar till storleken på beredaren.

På samma sätt som för luft-luftvärmepumpar finns en energimärkning även för pannor. Märkningen visar effektiviteten både för rumsuppvärmning och för värmning av tappvatten där den möjligheten finns, se Tabell 21 - Tabell 23. Vid en jämförelse av effektiviteterna angivna i tabellerna framgår det att värmepumpar måste nå klass A+ i högt tempererad rumsuppvärmning för att få säljas efter 2015. För lågtemperaturapplikation måste A nås 2015 och A+ under 2017 (observera att det är värdet på η_s som styr detta och inte klassningen).

Effektiviteten vid rumsuppvärmning, η_s , beräknas enligt Formel 2 och Formel 3 nedan.

Formel 2. Beräkning av den säsongsbundna energieffektiviteten vid rumsuppvärmning

$$\eta_s = \frac{SCOP}{CC} - \sum F(i)$$

Där $CC = 2,5$ är primärenergifaktorn för elektricitet och $F(i)$ är korrektionsfaktorer för tex cirkulationspumpar, styrning etc.

Formel 3. Beräkning av årsvärmefaktorn, SCOP enligt SS-EN 14825 (SIS 2013)

$$SCOP = \frac{Q_h}{\frac{Q_h}{SCOP_{on}} + H_{TO} \times P_{TO} + H_{SB} \times P_{SB} + H_{CK} \times P_{CK} + H_{OFF} \times P_{OFF}}$$

Q_h = årliga referensuppvärmningsbehovet

$SCOP_{on}$ = Årsvärmefaktorn då värmepumpen är i aktiv drift

Övriga termer är korrigeringar för energin som används i frånläge, termostatfrånläge, standbyläge, samt vevhusvärmareläge

Effektiviteten vid tappvattenvärmning beräknas principiellt enligt Formel 4.

Formel 4. Beräkning av verkningsgraden vid tappvattenvärmning (EC/814/2013)

$$\eta_{wh} = \frac{Q_{ref}}{(Q_{fuel} + CC \cdot Q_{elec}) \cdot (1 - SCF \cdot smart) + Q_{cor}}$$

Q_{ref} = referensenergin för den deklarerade profilen (3XS – 4XL) [kWh]

Q_{fuel} = bränslekonsumtion [kWh]

Q_{elec} = elkonsumtion [kWh]

$CC = 2,5$, primärenergifaktor för el

SCF = Smart Control Factor, effektivitetsförbättring för värmare med ”smart kontroll”

$Smart = 1$ om värmepumpen har smart kontroll, $=0$ om inte

Q_{cor} = korrektionsfaktor som bla beror på var beredaren är installerad

Tabell 17. Kraven på energieffektivitet enligt Eco-design

	Värmepump – ej lågtemperatur	Värmepump - lågtemperatur
26 September 2015	$\eta_{s} \geq 100 \%$	$\eta_{s} \geq 115 \%$
26 september 2017	$\eta_{s} \geq 110 \%$	$\eta_{s} \geq 125 \%$

Tabell 18. Krav på effektivitet vid tappvattenvärmning, η_{wh} , from 26 September 2015. 3XS-4XL betecknar tappningsprofilen, vilken är ett mått på lagringskapaciteten i tanken.

Deklarerad belastningsprofil	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
Energieffektivitet vid uppvärmning av vatten	22 %	23 %	26 %	26 %	30 %	30 %	30 %	32 %	32 %	32 %

Tabell 19. Krav på effektivitet vid tappvattenvärmning, η_{wh} , from 26 September 2017

Deklarerad belastningsprofil	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
Energieffektivitet vid uppvärmning av vatten	32 %	32 %	32 %	32 %	36 %	37 %	38 %	60 %	64 %	64 %

Tabell 20. Max tillåten ljudeffekt enligt eco-design, from 26 September 2015

Nominell avgiven värmeeffekt ≤ 6 kW		Nominell avgiven värmeeffekt > 6 kW och ≤ 12 kW		Nominell avgiven värmeeffekt > 12 kW och ≤ 30 kW		Nominell avgiven värmeeffekt > 30 kW och ≤ 70 kW	
Ljuddefektnivå (L_{WA}), inomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), utomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), inomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), utomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), inomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), utomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), inomhus	Ljuddefektnivå (L_{WA}), utomhus
60 dB	65 dB	65 dB	70 dB	70 dB	78 dB	80 dB	88 dB

Tabell 21. Energieffektivitetsklassning för pannor med undantag för lågtemperaturapplikationer

Säsongsbunden energieffektivitetsklass för rumsuppvärmning	Säsongsmedelverkningsgrad för rumsuppvärmning η_s i %
A ⁺⁺⁺	$\eta_s \geq 150$
A ⁺⁺	$125 \leq \eta_s < 150$
A ⁺	$98 \leq \eta_s < 125$
A	$90 \leq \eta_s < 98$
B	$82 \leq \eta_s < 90$
C	$75 \leq \eta_s < 82$
D	$36 \leq \eta_s < 75$
E	$34 \leq \eta_s < 36$
F	$30 \leq \eta_s < 34$
G	$\eta_s < 30$

Tabell 22. Energieffektivitetsklassning för pannor för lågtemperaturapplikationer

Säsongsbundna energieffektivitetsklass för rumsuppvärmning	Säsongsmedelverkningsgrad för rumsuppvärmning η_s i %
A ⁺⁺⁺	$\eta_s \geq 175$
A ⁺⁺	$150 \leq \eta_s < 175$
A ⁺	$123 \leq \eta_s < 150$
A	$115 \leq \eta_s < 123$
B	$107 \leq \eta_s < 115$
C	$100 \leq \eta_s < 107$
D	$61 \leq \eta_s < 100$
E	$59 \leq \eta_s < 61$
F	$55 \leq \eta_s < 59$
G	$\eta_s < 55$

Tabell 23. Energieffektivitetsklassning för tappvattenuppvärmningen

	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
A ⁺⁺⁺	$\eta_{wh} \geq 62$	$\eta_{wh} \geq 62$	$\eta_{wh} \geq 69$	$\eta_{wh} \geq 90$	$\eta_{wh} \geq 163$	$\eta_{wh} \geq 188$	$\eta_{wh} \geq 200$	$\eta_{wh} \geq 213$
A ⁺⁺	$53 \leq \eta_{wh} < 62$	$53 \leq \eta_{wh} < 62$	$61 \leq \eta_{wh} < 69$	$72 \leq \eta_{wh} < 90$	$130 \leq \eta_{wh} < 163$	$150 \leq \eta_{wh} < 188$	$160 \leq \eta_{wh} < 200$	$170 \leq \eta_{wh} < 213$
A ⁺	$44 \leq \eta_{wh} < 53$	$44 \leq \eta_{wh} < 53$	$53 \leq \eta_{wh} < 61$	$55 \leq \eta_{wh} < 72$	$100 \leq \eta_{wh} < 130$	$115 \leq \eta_{wh} < 150$	$123 \leq \eta_{wh} < 160$	$131 \leq \eta_{wh} < 170$
A	$35 \leq \eta_{wh} < 44$	$35 \leq \eta_{wh} < 44$	$38 \leq \eta_{wh} < 53$	$38 \leq \eta_{wh} < 55$	$65 \leq \eta_{wh} < 100$	$75 \leq \eta_{wh} < 115$	$80 \leq \eta_{wh} < 123$	$85 \leq \eta_{wh} < 131$
B	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$35 \leq \eta_{wh} < 38$	$35 \leq \eta_{wh} < 38$	$39 \leq \eta_{wh} < 65$	$50 \leq \eta_{wh} < 75$	$55 \leq \eta_{wh} < 80$	$60 \leq \eta_{wh} < 85$
C	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$32 \leq \eta_{wh} < 35$	$36 \leq \eta_{wh} < 39$	$37 \leq \eta_{wh} < 50$	$38 \leq \eta_{wh} < 55$	$40 \leq \eta_{wh} < 60$
D	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$29 \leq \eta_{wh} < 32$	$33 \leq \eta_{wh} < 36$	$34 \leq \eta_{wh} < 37$	$35 \leq \eta_{wh} < 38$	$36 \leq \eta_{wh} < 40$
E	$22 \leq \eta_{wh} < 26$	$23 \leq \eta_{wh} < 26$	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$26 \leq \eta_{wh} < 29$	$30 \leq \eta_{wh} < 33$	$30 \leq \eta_{wh} < 34$	$30 \leq \eta_{wh} < 35$	$32 \leq \eta_{wh} < 36$
F	$19 \leq \eta_{wh} < 22$	$20 \leq \eta_{wh} < 23$	$23 \leq \eta_{wh} < 26$	$23 \leq \eta_{wh} < 26$	$27 \leq \eta_{wh} < 30$	$27 \leq \eta_{wh} < 30$	$27 \leq \eta_{wh} < 30$	$28 \leq \eta_{wh} < 32$
G	$\eta_{wh} < 19$	$\eta_{wh} < 20$	$\eta_{wh} < 23$	$\eta_{wh} < 23$	$\eta_{wh} < 27$	$\eta_{wh} < 27$	$\eta_{wh} < 27$	$\eta_{wh} < 28$

5.2 Beräkningar för energimärkning av fastbränslepannor

Beräkningen av det så kallade Energy Efficiency Index görs enligt följande:

$$EEI = \eta_{son} \cdot BLF - F(1) - F(2) + F(3)$$

där EEI = ”Energy Efficiency Index”
 η_{son} = årsmedelverkningsgraden ”i driftläge”
 BLF = märkningsfaktor för bioenergi, ”belönar” användningen av bioenergi
 $F(1) = 3$
 $F(2)$ = korrektionsterm för pannans elförbrukning i fläktar etc
 $F(3)$ = korrektionsterm för pannor med elproduktion

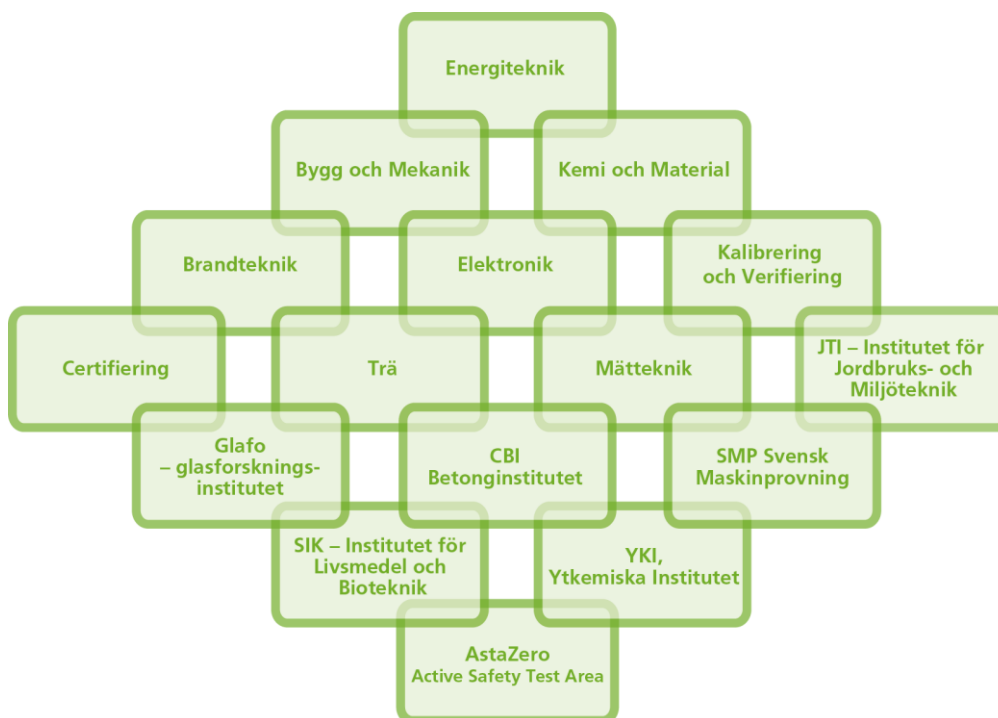
η_{son} beräknas enligt följande:

$$\eta_{son} = 0.85 \cdot \eta_p + 0.15 \cdot \eta_n$$

där η_p = verkningsgraden vid dellast
 η_n = verkningsgraden vid nominell last

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

Energiteknik

SP Rapport 2013:45

ISBN 978-91-87461-33-0

ISSN 0284-5172